This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Handbuch

der

Wasserbaukunst

von

G. Hagen.

Dritter Theil:

Das Meer.

Zweite, neu bearbeitete Auflage.

Dritter Band mit 17 Kupfertafeln.

Berlin 1880.

Verlag von Ernst & Korn.

(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Digitized by Google

Seeufer-

und

Hafen-Bau.

Von

G. Hagen.

Dritter Band.

Zweite, neu bearbeitete Auflage.

Mit einem Atlas von 17 Kupfertafeln in Folio.

Berlin 1880.

Verlag von Ernst & Korn.

(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Digitized by Google

25.18
Eng 928.69

JUN 20 1917
HARVARD COLLEGE LIBRARY

Die Herausgabe von Uebertragungen in fremde Sprachen behält sich die Verlagsbuchhandlung vor.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichnifs

des dritten Bandes.

Abschnitt VI.

Durchströmung der Häfen.

		Seite
§ 41.	Natürliche Strömung	3
§ 42.	Der Hafen von Nieuwe-Diep	16
§ 43.	Spülung	33
§ 44.	Spül-Bassins	51
§ 45.	Spülschleusen	60
§ 46.	Bewegliche Richtwerke	77
§ 47.	Die Häfen von Calais und Boulogne	86
§ 48.	Der Hafen von Dover	104

Abschnitt VII.

Der Hafen von Pillau.

		Seite
§ 49.	Verschiedene Tiefe	141
§ 50.	Sicherung des Tiefs	156
§ 51.	Erste Hafenbauten	174
§ 52.	Spätere Bauten	190
§ 53.	Neuste Bauten	227

Abschnitt VIII.

Ausführung der Hafendämme.

		Seite
§ 54.	Profile der Hafendämme	251
§ 55.	Die Cherbourger Kegel	269
§ 56.	Steinkisten	275
§ 57.	Pfahlwände	293

Digitized by Google

Seite

§ 58. Uebermauerte Steinschüttungen zwischen Pfahlwänden . . 308
§ 59. Ueberbrückungen 338
§ 60. Hafendämme, aus Mauern bestehend 349
§ 61. Mauern auf Steinschüttungen 382
§ 62. Flache Steindämme 410
§ 63. Gewinnung der Steine 433
§ 64. Steintransport auf Eisenbahnen 445
§ 65. Steintransport auf Schiffen 458
§ 66. Der Hafen Holyhead 470

Digitized by Google

Sechster Abschnitt.

Durchströmung der Häfen.

Digitized by Google

Digitized by Google

§ 41.

Natürliche Strömung.

Aus den frühern Mittheilungen (§ 13) über die Bewegung und Ablagerung des Kieses und Sandes in Folge des Wellenschlags und der Küsten-Strömung ergiebt sich, dafs Oeffnungen im Strande stets der Gefahr ausgesetzt sind, verflacht und vielleicht ganz geschlossen zu werden. Zu den Oeffnungen dieser Art gehören vorzugsweise die Mündungen der Ströme und Bäche. Je weniger Wasser sie abführen, um so leichter werden sie bei gegenstehenden Winden und heftigem Seegange gesperrt, und selbst bei grofsen Strömen läfst sich diese schädliche Einwirkung nicht verkennen, doch sind die Profile ihrer Mündungen so weit, dafs sie beim Aufhören der Ausströmung nur zum geringsten Theil verflacht oder verschüttet werden, und beim Wiedereintritt der normalen Verhältnisse stellt der kräftig ausgehende Strom bald das angemessene Profil wieder her. Von welchem überwiegenden Einflufs aus diesem Grunde die Durchströmung der Häfen in Betreff der Erhaltung der Tiefe sei, ist bereits eingehend erörtert und durch Beispiele erläutert.

Treten dagegen die Ufer aus grofser Tiefe steil hervor, so sind die Buchten in denselben, welche die Häfen bilden, denjenigen Verflachungen, von denen hier die Rede ist, nicht ausgesetzt, und können ihre Tiefe nur dadurch verlieren, dafs die mit starkem Gefälle herabstürzenden Bäche den Sand oder Kies und selbst schwere Geschiebe in Bewegung setzen und in den Hafen stürzen. Beispiele hiervon wiederholen sich vielfach am Mittelländischen Meere, wie bei Toulon, Ciotat, Cassis, Marseille, Port Vendre und an andern Orten. Auch der Hafen von Triest am Adriatischen Meer gehört hierher, wenngleich

Digitized by Google

daselbst die Bucht des Ufers weniger ausgebildet ist. In letzterem bemerkt man sehr auffällig jene Verflachung durch die von den Bächen zugeführten Kies- und Steinmassen. Der kleine Hafen auf der Nordseite der Stadt, früher Lazaretto genannt, oder Quarantaine-Hafen, der bei Erweiterung des Bahnhofs verschüttet wurde, war durch die Regulirung der Bäche, die sich zur Zeit der Anschwellung nicht mehr über die Ebene verbreiten konnten, also hinreichende Strömung behielten, um den Kies weiter zu treiben, in wenig Jahren so sehr verflacht, dafs er seine Bedeutung als Hafen beinahe ganz verlor. Der in einiger Entfernung davon befindliche Damm, Molo Klutsch genannt, wurde schon in früherer Zeit vorzugsweise in der Absicht ausgeführt, um diese Geschiebe, die selbst vor der Regulirung der Bäche sehr gefährlich waren, von dem eigentlichen, weiter südwärts befindlichen Handelshafen abzuhalten.

Von diesen schädlichen Durchströmungen, welche den Häfen das Material aus dem Binnenlande zuführen, ist gleichfalls § 39 so eingehend die Rede gewesen, dafs nichts hinzuzufügen ist, dagegen bleibt in Betreff derjenigen natürlichen Strömungen, die in den Mündungen der Häfen die Tiefe erhalten, oder periodisch wieder herstellen, noch Einiges zu bemerken.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dafs diese nicht nur von dem Wasser aus dem Binnenlande herrühren, sondern dafs vielfach auch der Wechsel des Wasserstandes der See dazu Veranlassung giebt, wenn hinter dem Hafen oder der Strommündung eine ausgedehnte Wasserfläche oder eine Niederung liegt, in welche bei Anschwellungen das Seewasser eintritt und später wieder zurückfliefst. Erscheinungen dieser Art werden aber nicht nur durch Fluth und Ebbe veranlafst, sondern kommen auch an Meeren vor, wo letztere fehlen. An der Ostsee wiederholen sie sich vor allen Haffen.

Die Wirkungen dieser ein- und auslaufenden Strömungen verdienen eine nähere Betrachtung. Sobald das Meer in Folge von Seewinden anschwillt, so vermindert sich das Gefälle zwischen dem Haff und der See, und mit diesem die Strömung. Letztere hört sogar ganz auf, und bei gröfsern Anschwellungen nimmt sie eine entgegengesetzte Richtung an. Die dahinter liegenden Binnenseen füllen sich wegen ihrer Gröfse nur langsam an, während

Digitized by Google

der Wasserstand des Meers bei heftigen Stürmen sich vor dem Ufer schnell erhebt, und so erfolgt die Einströmung mit grofser Geschwindigkeit. Der einlaufende Strom wird oft viel stärker, als der auslaufende jemals ist. Sobald der Sturm nachläfst, und das Meer nach und nach seinen gewöhnlichen Stand wieder annimmt, so tritt der auslaufende Strom ein, und nach Maafsgabe der Ausdehnung des Binnensees und der Ergiebigkeit der Zuflüsse desselben hält er lange Zeit hindurch kräftig an.

Diese Verhältnisse sind für die Offenerhaltung der Hafenmündung von grofser Bedeutung. Beim Beginn des Sturms, wenn der auslaufende Strom schwächer wird und ganz aufhört, während die See in starker Bewegung ist, erfolgen Ablagerungen des durch die Küstenströmung herbeigeführten Sandes. Diese pflegen jedoch nur mäfsig zu bleiben, wenn die Wellen die Hafenmündung direct treffen und ungeschwächt in dieselbe einlaufen. Hierdurch erklärt es sich, dafs die stärksten Verflachungen der Mündungen sich zeigen, wenn der Sturm mehr parallel zur Küste gerichtet, also die Wellenbewegung im Hafen geringer ist.

Nimmt der Strom die entgegengesetzte Richtung an, oder verwandelt er sich in einlaufenden Strom, so zieht er augenscheinlich allen Sand, den Wellenschlag und Küstenstrom vor die Hafenmündung führen, in diese hinein. Soweit indessen der starke Wellenschlag sich fortsetzt, oder die Strömung bedeutend bleibt, lagert der Sand sich nicht ab. Hieraus erklärt es sich, dafs in den Häfen, die nicht besonders breit, auch nicht stark gekrümmt sind, die Tiefen in einiger Entfernung von der Mündung sich dauernd zu erhalten pflegen. Die einlaufenden Wellen lassen hier den eintreibenden Sand nicht niederfallen. Derselbe lagert sich erst in weiterer Entfernung ab, wo die Wellenbewegung und die starke Strömung aufhören. In dieser Weise hat sich in dem Frischen Haff bei Pillau die ausgedehnte Sandbank, der Glasmacher genannt, gebildet, die früher nicht existirte, und die gegenwärtig von den Schiffen, die nach Königsberg aufgehn, in weitem Umwege umfahren werden mufs. Eben so erklären sich auch die grofsen Sandbänke in dem Haff oberhalb der Mündung der Swine vor den Lebbiner Bergen, um welche gleichfalls in grofsem Bogen das Fahrwasser nach Stettin herumführt.

Digitized by Google

Dieses Durchtreiben des Sandes durch einen Hafen und die weiter aufwärts stattfindende Ablagerung desselben tritt besonders stark ein, wenn der Binnensee auf der entgegengesetzten Seite eine zweite Verbindung mit dem Meere hat. Der eingehende Strom, der die Sandmassen mit sich führt, kann alsdann den Wasserstand im Binnensee nicht erhöhen, weil das eintretende Wasser sogleich auf der andern Seite abfliefst, wo der Wind diesen Abflufs sogar befördert. Die Strömung mit ihren nachtheiligen Wirkungen mufs also ungeschwächt so lange anhalten, als der Wind seine Richtung nicht ändert. Der gröfste Uebelstand ist aber, dafs die durch den Hafen eintretende Wassermasse daselbst keine ausgehende Strömung veranlafst, die für die Erhaltung der Tiefe vorzugsweise wichtig ist.

Es ist nicht bekannt, dafs Localverhältnisse dieser Art irgend wo sich entschieden ausgebildet und erhalten haben, wenigstens liegen die bestehenden Mündungen unserer Binnenseen nicht einander gegenüber, so dafs derselbe Wind in der einen die Einströmung und in der andern die Ausströmung begünstigen könnte. Das Frische Haff in Pommern hat drei Ausflüsse, die Peene, die Swine und die Dievenow, die jedoch sämmtlich nach Norden gerichtet sind. Der Greifswalder Bodden hat auf der Ostseite die Hauptverbindung mit dem Meer, während die zweite Mündung, das sogenannte Norder-Fahrwasser, bei Stralsund, nordwärts gerichtet ist. Die Seen-Kette in Vor-Pommern, die sich bis in das Mecklenburgische hineinzieht, hatte auf der Nordseite zwei Verbindungen mit dem Meer, die Seen-Kette auf Rügen dagegen nur eine, und zwar auf der westlichen Seite. Es scheint, dafs die letzten Seen in früherer Zeit auch ostwärts mit dem Meer in Verbindung standen, insofern der schmale Streifen Landes, die Schaabe genannt, der Wittow mit Jasmund verbindet, nur aus Seesand und Kies besteht, also vom Meere ausgeworfen ist. Man darf wol annehmen, dafs solche entgegengesetzte Mündungen eines Binnensees oder einer Kette von Binnenseen sich dauernd nicht erhalten können, weil die bezeichnete Ursache der starken Sandablagerungen eine dieser Oeffnungen im Lauf der Zeit schliefsen mufs. Welche von beiden Oeffnungen ein solches Schicksal trifft, hängt von den localen Verhältnissen ab. Dafs bei den Seen auf Rügen die östliche sich geschlossen hat, rührt wohl davon

Digitized by Google

her, dafs sie am offnen Meer lag, während die westliche durch die Insel Hiddens-Oe geschützt wird, und daher die Einströmung hier nie so stark, als in jener sein konnte. Auch die Seen-Kette in Vor-Pommern hatte vielleicht früher eine zweite Mündung an der westlichen Seite, oder am Saaler Bodden, Damgarten und Ribnitz gegenüber. Es ist sogar wahrscheinlich, dafs man hier einst die Anlage eines Seehafens beabsichtigt, und die künstlich eröffnete Verbindung mit dem Meere durch Holzwände eingefafst hat, wovon Spuren noch bemerkbar sind. Wenn aber diese Absicht nicht gelang, so liegt der Grund wieder darin, dafs bei gegenstehenden Winden zu viel Sand eintrieb, und die ausgehende Strömung in Folge der Wirksamkeit der andern Oeffnungen nicht hinreichende Stärke gewinnen konnte, um diesen wieder zu beseitigen.

Bei Hafen-Anlagen sind locale Verhältnisse solcher Art mit grofser Vorsicht zu beachten. Es fehlt zwar nicht an Projecten, in welchen die erwähnten Bedenken vollständig unbeachtet geblieben sind, doch giebt es, soviel bekannt, kein Beispiel dafür, dafs ein Hafen, der die zweite Mündung, und zwar an der entgegengesetzten Seite eines Binnensees bildet, zur Ausführung gekommen wäre und sich dauernd erhalten hätte. Die Gefahr der Versandung liefse sich indessen in solchen Fällen dadurch beseitigen, dafs man zwischen zwei Seen in solcher Kette einen Abschluss künstlich darstellte, und dadurch die Verhältnisse so umgestaltete, dafs ein Theil der Binnenseen von den übrigen ganz getrennt, und allein durch den Hafen bei Anschwellungen des Meers gefüllt wird, und später durch denselben wieder abfliefst. Sollte dabei das Bedürfnifs zur Erhaltung der schiffbaren Verbindung der Binnenseen vorliegen, so wird in jenem künstlichen Abschluss oder in dem Coupirungs-Damm eine Kammerschleuse mit doppelten Thor-Paaren in jedem Haupte eingerichtet werden müssen, damit das Durchschleusen eben so wohl erfolgen kann, wenn der höhere Wasserstand auf der einen Seite, als wenn er auf der andern statt findet.

Derselbe Zweck würde freilich auch erreicht werden, wenn man in der neu eröffneten Verbindung des Binnensees mit dem Meere eine Schleuse erbauen wollte, wobei man noch den Gewinn hätte, dafs die Fluthverhältnisse im Binnensee

Digitized by Google

dieselben blieben, die sie bisher waren, also allen Entschädigungs-Ansprüchen wegen zeitweiser höherer oder niedrigerer Wasserstände vorgebeugt würde. Der Bau einer Schleuse, durch welche Seeschiffe gehn, ist indessen viel kostbarer als einer solchen, die nur zur Binnenschiffahrt dient. Aufserdem ist die Benutzung einer Kammerschleuse, die dem Wellenschlage der See ausgesetzt ist, höchst bedenklich, weil ein gefährliches Gegenstofsen der Schiffe dabei kaum vermieden werden kann. Einfache Dockschleusen, die jedoch wol niemals vom vollen Wellenschlage der See getroffen werden, sind sicherer zu passiren, weil das Schiff schnell hindurchgeht, und nicht unmittelbar dahinter angehalten wird, was beim Einlaufen in die Kammerschleuse nothwendig ist. Der gröfste Uebelstand ist dabei aber, dafs man eine Hafenmündung darstellt, welche gar nicht durchströmt wird.

Indem das Meer bei heftigen Stürmen schneller anzuschwellen pflegt, als es später sich wieder senkt, und eben so auch in den Strommündungen gewöhnlich die Dauer der Fluth kürzer ist, als die der Ebbe, so erklärt es sich, dass der eingehende Strom oft heftiger ist, als der ausgehende, und hiernach könnte man vermuthen, dafs dieser auf die Ausbildung und Erhaltung des Fahrwassers vorzugsweise wirksam sei. Dieses ist jedoch, wie allgemein bekannt, nicht der Fall, der eingehende Strom veranlafst vielmehr häufig starke Verflachungen im Fahrwasser. Man mufs dabei unterscheiden, ob es sich um die Offenerhaltung einer Stromstrecke handelt, die immer wenigstens theilweise eine überflüssige Breite hat, oder ob von dem Seegatt, also von der Schiffahrtsrinne in der Barre vor der Mündung in die See, die Rede ist. Im ersten Fall verfolgt nach Maafsgabe der verschiedenen Ablagerungen und Untiefen der eingehende Strom gewöhnlich einen andren Weg, als der ausgehende. Letzterer ist der wirksamere, insofern er länger anhält und zugleich das während der Rückströmung hinzugetretene Oberwasser abführt, also seine Wassermenge gröfser, als die des andern ist. Für die Erhaltung einer tiefen Rinne in der Barre ist aber der eingehende Strom ohne Bedeutung, weil er sich hier erst bildet, und das steigende Wasser wie über ein Grundwehr oder eine Schwelle in der ganzen Ausdehnung der Barre normal überfliefst, also die Verstärkung des Stroms in der etwas

Digitized by Google

tieferen Rinne höchst geringfügig bleibt. Der ausgehende Strom dagegen hat, wenn er die Barre erreicht, bereits einen bestimmten Lauf angenommen, der durch die Richtung der Molen ihm sogar gewöhnlich sicher zugewiesen wird. Er trifft also vorzugsweise eine bestimmte Stelle der Barre, und seine Wirkung auf diese ist allein von Bedeutung.

In welcher Stärke und während welcher Zeit die Ausströmung aus einem angeschwollenen Binnensee nach dem Meer statt findet, ergiebt sich aus nachstehender Rechnung.

M sei die abfliefsende Wassermenge,
F die Oberfläche des Binnensees,
h dessen anfängliche Erhebung über dem Meer, oder das absolute Gefälle zwischen beiden,
l die Länge des Canals oder des Stroms, der die Verbindung darstellt,
q dessen Querprofil,
p dessen Breite oder der benetzte Umfang und
k ein constanter Factor.

Man hat alsdann nach § 18 des zweiten Theils dieses Handbuchs

$$c = 4{,}33 \cdot \sqrt{\frac{q}{p}} \cdot \sqrt[6]{\frac{h}{l}}$$

Dabei mufs ich bemerken, dafs eine spätere Untersuchung, die sich zugleich auf kleinere Wasserläufe bezog,*) mit grösserer Wahrscheinlichkeit für Flüsse und Ströme zu dem Ausdruck

$$c = 6 \cdot \sqrt{\frac{q}{p}} \cdot \sqrt[5]{\frac{h}{l}}$$

führte. Beide schliefsen sich indessen sehr nahe mit derselben Sicherheit an die zu Grunde liegenden Beobachtungen an, ich behalte daher die erste, deren Herleitung oben angegeben ist, auch in der nachstehenden Rechnung bei.

Hat nun nach einer gewissen Zeit t der Wasserspiegel des

*) Untersuchungen über die gleichförmige Bewegung des Wassers. Berlin 1867.

Digitized by Google

Binnensees sich um x gesenkt, oder ist das absolute Gefälle um so viel kleiner geworden, so ist

$$dM = c \cdot q \cdot dt$$

$$= k \cdot q \cdot \sqrt{\frac{q}{p}} \cdot \sqrt[6]{\frac{h-x}{l}} \cdot dt$$

aufserdem hat man

$$dM = F dx$$

also

$$\frac{k \cdot q^{\frac{3}{2}}}{F \sqrt{p} \cdot \sqrt[6]{l}} \cdot dt = \frac{dx}{\sqrt[6]{h-x}}$$

und nach der Integration

$$t = \frac{6}{5 \cdot k} \cdot \frac{F \cdot \sqrt{p} \cdot \sqrt[6]{l}}{\sqrt{q^3}} \left[h^{\frac{5}{6}} - (h-x)^{\frac{5}{6}}\right]$$

Nach dem zum Grunde gelegten Ausdruck ist $k = 4{,}33$, daher

$$\frac{6}{5 \cdot k} = 0{,}277$$

Wird die Zeit aber nicht in Secunden, sondern in Stunden ausgedrückt, so verwandelt sich der Zahlen-Coefficient in

$$0{,}00007694 = \frac{1}{13000}$$

Um eine Anwendung dieser Formel zu zeigen, wähle ich das Stettiner Haff und zwar den Abfluss desselben durch die Swine, wobei ich indessen den dauernden Zufluſs der Oder und der kleineren Flüsse unbeachtet lasse. Ich nehme an, daſs 8 Quadratmeilen des Haffs auf die Swine treffen, was mit Rücksicht auf die Capacität der drei Ausmündungen im Allgemeinen zutreffen dürfte, also

$$F = 4608\,000\,000 \text{ Quadratfuſs.}$$

Ferner ist die Länge des Swine-Stromes

$$l = 61\,200 \text{ Fuſs.}$$

Durchschnittlich ist das Querprofil des Stromes

$$q = 12\,000 \text{ Quadratfuſs,}$$

und bei der ziemlich willkürlichen Annahme dieser Gröſse, welche sich sehr verschieden an den verschiednen Stellen herausstellt, rechtfertigt es sich wohl, wenn auf die Aenderung der Tiefe beim sinkenden Wasserstande nicht Rücksicht genommen, vielmehr

Digitized by Google

q als constant angesehn wird. Dieses dürfte hier um so mehr zulässig sein, als die Erscheinung doch nur im Allgemeinen verfolgt werden soll.

Was ferner die Bestimmung von p betrifft, so darf nicht unbeachtet bleiben, dafs der angegebene Ausdruck für c ungültig wird, wenn das Strombette theils aus einer sehr tiefen Rinne und theils aus einer weit ausgedehnten seichten Wasserfläche besteht, wobei es leicht geschieht, dafs man bei zunehmender Breite der letztern nicht nur ein kleineres c, sondern sogar eine kleinere hindurchfliefsende Wassermenge findet. (Vergl. II. Theil dieses Handbuchs § 18.) Wenn man also nicht die verschiednen Theile des Bettes gesondert behandelt, was allerdings das Richtigere ist, weil die darin vorkommenden Geschwindigkeiten thatsächlich sehr verschieden sind, so empfiehlt es sich, eine constante Tiefe anzunehmen und

$$p = 1000 \text{ Fufs}$$

zu setzen. Man hat alsdann, wenn t in Stunden ausgedrückt wird,

$$t = 53{,}530 \left[h^{\frac{5}{6}} - (h - x)^{\frac{5}{6}} \right]$$

Durch starke Einströmung in das Haff und durch Sinken des Wasserspiegels der See möge sich eine Niveau-Differenz von 3 Fufs dargestellt haben, welche beim Abfliefsen des Wassers sich nach und nach vermindert, während kein Zufluſs statt findet, auch die See weder steigt noch fällt. Es ergiebt sich alsdann die Anzahl von Stunden oder t, während die Niveau-Differenz sich um 2 Zoll $= 0{,}1667$ Fufs vermindert.

					t	c
von	3′ 0″	bis	2′ 10″		6,22	2,86
„	2′ 10″	„	2′ 8″		6,28	2,83
„	2′ 8″	„	2′ 6″		6,34	2,80
„	2′ 6″	„	2′ 4″		6,42	2,77
„	2′ 4″	„	2′ 2″		6,49	2,74
„	2′ 2″	„	2′ 0″		6,58	2,70
„	2′ 0″	„	1′ 10″		6,67	2,66
„	1′ 10″	„	1′ 8″		6,77	2,62
„	1′ 8″	„	1′ 6″		6,89	2,58
„	1′ 6″	„	1′ 4″		7,02	2,53
„	1′ 4″	„	1′ 2″		7,16	2,48

Digitized by Google

						t	c
von	1′	2″	bis	1′	0″	7,34	2,42
„	1′	0″	„		10″	7,54	2,36
„		10″	„		8″	7,80	2,28
„		8″	„		6″	8,14	2,18
„		6″	„		4″	8,61	2,06
„		4″	„		2″	9,40	1,89
„		2″	„		0″	12,03	1,48

Die vorstehend angegebenen mittleren Geschwindigkeiten c sind in der Art berechnet, dafs die Wassermenge, welche bei der Senkung um 2 Zoll abfliefst,

$$M = \frac{1}{6} F = 4608\,000\,000 \cdot \frac{1}{6}$$
$$= 768\,000\,000 \text{ Cubikfufs.}$$

Dieses M wird durch den Querschnitt $q = 12\,000$ und die betreffende Zeit dieser Senkung oder das angegebene t dividirt. Dadurch erhält man die Geschwindigkeit, bei der aber die Stunde als Zeiteinheit angenommen ist. Man mufs sie also noch durch 3600 dividiren, um in üblicher Weise die Geschwindigkeit durch den in einer Secunde zurückgelegten Weg auszudrücken.

Wollte man die dauernden Zuflüsse des Binnensees, also hier den Zufluſs der Oder berücksichtigen, so wäre festzustellen, welche Erhebung des Wasserstandes im Haff dadurch in der Zeiteinheit veranlafst würde, falls kein Abfluſs statt fände, und hiernach wären die Niveau-Differenzen zu berichtigen. Es wird indessen auf diese Verbesserungen bei einem ausgedehnten Binnensee meist nicht ankommen, da die Aenderungen des Wasserstandes der See, die von der Stärke und Richtung des Windes abhängen, also sich nicht vorhersehn lassen, auf die Niveau-Differenzen einen viel grössern Einfluſs ausüben.

Wenn die gefundenen Geschwindigkeiten sich auch als ziemlich geringe herausstellen, so sind sie doch in ihren Wirkungen sehr bedeutend. Sie würden freilich oft nicht genügen, um den abgelagerten, meist ziemlich grobkörnigen Seesand in Bewegung zu setzen und fortzutreiben, der Wellenschlag, der an der Seeküste nur selten ganz nachläfst, befördert aber wesentlich die günstigen Erfolge. Die Körnchen, welche

Digitized by Google

die obere Schicht der Sand-Ablagerung bilden, werden von den aus gröfserer Tiefe auflaufenden Wellen, wenn auch nicht gehoben, so doch hin und her getrieben. Sie sind also schon in Bewegung, und wenn das umgebende Wasser auch nur langsam fliefst, so führt es sie doch mit sich in der Richtung des Stroms fort, und sobald es die obere Schicht der Sohle beseitigt hat, so wirkt es in gleicher Weise auf die nächst folgende ein. Das Verhältnifs ist genau dasselbe, wie bei dem am Strande lagernden Sande, der selbst von einer sehr mäfsigen, und oft kaum merkbaren Strömung dennoch weiter geführt wird. Diese Küstenströmung ist aber auch für die Beseitigung der Ablagerungen vor einer Hafenmündung sehr wichtig. Sie verhindert nämlich, dafs nicht etwa eine langgezogene Sandbank vor der Mündung und zwar in deren Richtung sich ausbildet. Die Küstenströmung verbindet sich nämlich mit der Ausströmung, und der Sand folgt der Richtung, die nach Maafsgabe der Geschwindigkeiten aus beiden sich zusammensetzt. Sobald aber die Ausströmung ihre Wirkung verloren hat, so bleibt nur noch die Küstenströmung von Einflufs und die vortretende Sandbank wird angegriffen und unter den wechselnden Einwirkungen auf ein gewisses Maafs beschränkt. Hieraus ergiebt sich auch, weshalb diese Sandablagerung gemeinhin an ihrem Ende, und zwar in der Richtung der Küstenströmung eine vortretende Zunge darstellt, wie diese im Situations-Plane von Swinemünde Fig. 101 an der Vierfaden-Linie zu bemerken ist. Der starke ausgehende Strom verhindert hier das weitere Vortreten derselben. Bei den kleineren Häfen im Cösliner Regierungs-Bezirk ist diese Zunge oft viel länger, und tritt sogar zuweilen bis vor den östlichen Hafendamm hinaus, in welchem Fall das Ein- und Ausgehn der Schiffe übermäfsig erschwert wird.

Wenn nach Vorstehendem selbst ein schwacher ausgehender Strom von Nutzen ist, so ist dennoch die Wirkung einer starken Strömung immer viel gröfser, und man kann solche nicht entbehren, wenn es Aufgabe ist, eine bedeutende Tiefe in der Hafen-Mündung zu erhalten. Hieraus ergiebt sich aber, dafs man in vielen und wohl in den meisten Fällen einem Hafen nicht eine beliebige Tiefe geben kann. Dieses verbietet sich, sobald die Strömung sich nicht bis zu einer gewissen Gröfse

Digitized by Google

verstärken läfst. Man kann freilich, wenn auch keine Durchströmung des Hafens stattfindet, mit grofsen Kosten durch Baggern ein tiefes Fahrwasser darstellen, wie vor dem Hafen von Libau in Kurland geschieht, doch pflegen diese Rinnen, die der Küstenstrom kreuzt, bald zu verflachen, und ihre Wieder-Eröffnung kann nur bei günstiger Witterung erfolgen. Auch liefsen sich die Hafendämme mit grofsen Kosten soweit herausführen, bis die Mündung die gewünschte Meerestiefe erreicht, und alsdann hat man zwar die Aufgabe gelöst, aber die Verhältnisse ändern sich sehr bald. Der Strand folgt dem verlängerten Hafendamm und früher oder später, oft sogar schon nach wenigen Jahren ist die neue Mündung wieder eben so flach, wie die alte war. Dafs man diesem Uebelstande, wenigstens theilweise durch Dünenbauten begegnen kann, so wie auch dadurch, dafs man sich bemüht, die Bucht vor demjenigen Hafendamm zu erhalten, der von dieser Strömung getroffen wird, ist bereits § 39 ausführlich erörtert. Eben daselbst wurden auch die verschiednen Mittel bezeichnet, durch welche unter Umständen die Strömung entweder in der ganzen Breite der Mündung oder wenigstens zur Seite des in concaver Richtung vortretenden Hafendamms verstärkt werden kann.

Starke Strömungen in den Hafenmündungen erschweren allerdings zuweilen das Ein- und Ausgehn der Segelschiffe, wenn der Wind nicht günstig oder nur schwach ist, doch hat dieser Uebelstand in neuster Zeit seine Bedeutung verloren, indem Dampfböte zum Schleppen bereit gehalten werden. Diejenigen Dampfschiffe aber, die für den überseeischen Handel oder den Personenverkehr bestimmt sind, werden durch die erwähnten Strömungen in ihren Fahrten nicht behindert, da ihre kräftigen Maschinen dieselben leicht überwinden.

Im Vorstehenden ist vorzugsweise von solchen Hafenmündungen die Rede gewesen, die an Meeren liegen, welche keinem merklichen Fluthwechsel unterworfen sind. Dieselben Verhältnisse wiederholen sich indessen auch, und stellen sich sogar viel auffallender dar, wenn die Fluth stark anschwillt und an jedem Tage zwei kräftige einlaufende und zwei auslaufende Strömungen veranlafst. Die Themse würde bei der geringen Ausdehnung ihres Flufsgebiets unmöglich bis London aufwärts solche Tiefen haben, dafs die gröfsten Schiffe sich darauf bewegen könnten, wenn die

Digitized by Google

kräftigen Strömungen der Fluth und Ebbe hier nicht stattfänden. Dasselbe geschieht an andern kleinen Flüssen und Buchten. Indem der Busen der Jade an jedem Tage zweimal durchschnittlich 11 Fuſs hoch anschwillt, und eben so tief sich wieder senkt, so hat die etwa $1^1/_2$ Meilen lange Verbindung desselben mit der offnen See eine sehr bedeutende Tiefe angenommen, die ohne Zweifel dadurch noch zu vergröſsern wäre, daſs dieser schmale Hals durch Beförderung der Alluvionen an einer, oder an beiden Seiten verengt würde.

Etwa eine Meile oberhalb Hamburg befindet sich zwischen den eingedeichten Ländereien eine weite und lang ausgezogene Niederung, aus welcher ein kleiner Fluſs, die Dove Elbe, austritt. Man hatte vorgeschlagen, diese Fläche einzudeichen und culturfähig zu machen, dieser Antrag muſste indessen zurückgewiesen werden, weil die Strömung der Fluth, wie der Ebbe, vor Hamburg sich mäſsigen, und die zur Erhaltung der Tiefe nothwendige Stärke verlieren würde, wenn diese Niederung nicht mehr den aufwärts gerichteten Strom aufnehmen und bei der nächsten Ebbe den entgegengesetzten verstärken könnte. Dieselbe Rücksicht wird gegenwärtig auch bei den französischen Häfen am Canal sorgfältig beachtet. Man weiſs, daſs Calais und andre kleinere benachbarte Häfen in früherer Zeit, als sie noch nicht künstlich gespült wurden, tiefer waren, als sie gegenwärtig sind. Die Verflachungen rühren davon her, daſs die durch den Hafen eintretende Fluth vormals sich über ausgedehnte Flächen verbreiten konnte, die später durch neue Eindeichungen wesentlich beschränkt sind. Sehr auffallend zeigte sich dieses im Hafen Ostende. Als 1626 die weit ausgedehnte Niederung hinter demselben eingedeicht war, verflachte sich seine Mündung so sehr, daſs man sich 1662 gezwungen sah, den Deich zu durchstechen, worauf wieder die gröſsten Schiffe einlaufen konnten. Im Cultur-Interesse wurde im Jahr 1700 der Deich aufs Neue geschlossen, und bald stellten sich die frühern Schiffahrts-Hindernisse wieder ein, woher man 1720 nochmals in dem Deich mehrere Einschnitte anbrachte, die freilich Anfangs günstigen Erfolg hatten, aber nach und nach solche Aufschlickung neben sich veranlaſsten, daſs ihre Wirksamkeit fast ganz aufhörte, und der vollständigen Eindeichung nichts mehr im Wege stand. Um den Zugang zum Hafen offen zu erhalten, muſste endlich 1810 die künstliche Spülung eingerichtet werden.

Digitized by Google

Am Dee-Flufs in Cheshire hat man dieselbe Erfahrung gemacht. Vor der 1732 im Flufsthal ausgeführten Eindeichung mafs die Tiefe bei Parkgate bei niedrigem Wasser 13 Fufs, jetzt liegt vor dem Eintritt der Fluth das Flufsbette hier ganz trocken.

Schiefslich wäre in Betreff der Wirkung der natürlichen Strömungen noch zu erwähnen, dafs selbst Küstenströmungen, die also nicht durch den Hafen hindurchgehn, von Wichtigkeit sind. Solche können freilich nicht dem Hafen selbst seine Tiefe erhalten, aber sie verhindern die Sand-Ablagerungen vor demselben, und bewirken, dafs eine grofse Tiefe sich dauernd hier erhält. Aus diesem Grunde ist es wichtig, die Häfen an solche Stellen der Ufer zu legen, wo die Gestaltung der Küste eine starke Strömung veranlafst. In dieser Beziehung kommen vorzugsweise die weit vortretenden Uferecken in Betracht. Wenn eine solche einen Meerbusen begrenzt, so darf man mit Sicherheit erwarten, dafs vor derselben keine Sand- oder Thonbank sich ablagern wird, sobald starke Strömungen sich hier bilden. Auch hiervon ist § 39 bereits die Rede gewesen. Selbst an der Ostsee läfst sich die Wichtigkeit weit vortretender Mündungen nicht verkennen. Unter übrigens gleichen Umständen sind diejenigen Häfen der Versandung am meisten ausgesetzt, welche in Buchten liegen und deren Hafendämme nicht weit hinaustreten. Das weite Vorschieben der Hafendämme ist daher auch in sofern von Wichtigkeit, als dadurch die Köpfe derselben von der Küstenströmung stärker getroffen werden. Dieses günstige Verhältnifs ändert sich jedoch, wenn der Strand den verlängerten Hafendämmen folgt, und diese schliefslich nicht mehr darüber hinausreichen.

§ 42.

Der Hafen Nieuwe-Diep.

Obwol alle Häfen, welche die Verbindung des Meers mit Binnenseen darstellen, periodischen Durchströmungen ausgesetzt und hierdurch mehr oder weniger vor Verflachung gesichert sind, so verdient unter diesen doch vorzugsweise der Hafen Nieuwe-Diep, an der nördlichen Ecke der Provinz Nord-Holland, erwähnt zu werden, insofern die natürliche Durchströmung, welche durch eine künstliche Anlage verstärkt ist, daselbst eine solche

Digitized by Google

Tiefe dauernd erhält, dafs nicht nur die gröfsten Handelsschiffe und Ostindien-Fahrer, sondern sogar ausgerüstete Linienschiffe jederzeit darin einlaufen und sicher liegen können. Der hier erreichte Erfolg ist aber um so auffallender, als der Hafen auf der westlichen Seite von niedrigem aufgeschwemmten und sandigen Lande, und auf der Ostseite von ausgedehnten Wattgründen begrenzt wird, also Sand und Thontheilchen in seiner Umgebung reichlich vorhanden sind, die seine Verflachung veranlassen könnten. Der hindurchgehende Strom wird auch keineswegs durch reines Wasser gebildet, enthält vielmehr, wenn er einläuft, Seesand, und wenn er ausläuft, erdige Theilchen. Indem er aber, besonders im letzten Fall, eine grofse Geschwindigkeit annimmt, so verhindert er nicht nur die Niederschläge, sondern entfernt diese auch wieder, wenn sie in den Zwischenzeiten sich gebildet haben sollten.

In Fig. 28 ist bereits die Situation des Hafens im Allgemeinen mitgetheilt. Man bemerkt darin den sogenannten Vang-dam, der nahe 900 Ruthen weit in die Zuiderzee hineintritt, und das bei der Ebbe abfliefsende Wasser zwingt, den Weg durch den Hafen zu verfolgen. Gewifs war es eine glückliche Idee, als die von den Staaten von Holland im Jahre 1780 zur Verbesserung des damals hier bereits bestehenden kleinen Hafens ernannte Commission den Vorschlag machte, den erwähnten Damm auszuführen. Man darf aber nicht unbeachtet lassen, dafs nur die eigenthümlichen dortigen Fluthverhältnisse dieses Unternehmen glücken liefsen. Wollte man anderweitig durch Sperrung eines freien Abflusses, der bisher über die Watten erfolgte, einer seitwärts belegenen Rinne mehr Wasser zuführen, so würde der Erfolg leicht derselbe sein, als wenn man neben einem weit geöffneten Strombett einen schmalen Arm darstellt, der, wenn er nicht etwa bedeutend kürzer ist, oder einer viel tiefer liegenden Rinne das Wasser zuführt, keine starke Strömung annimmt, und daher bald sich verflacht oder ganz schliefst. An der Stelle, wo der kleine Hafen sich befand, war dieses nicht zu besorgen, weil sehr wirksame äufsere Ursachen den Ebbestrom hier an das Ufer drängten, und der getrennte schmale Arm, der den Hafen bildet, einen viel kürzern Abflufsweg dem Wasser eröffnete.

Es ist schon früher darauf hingewiesen (§ 7), dafs an der äufsersten Spitze von Nord-Holland die Fluthverhältnisse

Digitized by Google

sich eigenthümlich gestalten. Während einerseits an der Scheldemündung und andrerseits bei Delfzijl der mittlere Fluthwechsel 8 Fufs mifst, so beträgt derselbe am Mars-Diep nur $3\frac{1}{2}$ Fufs. Die Anomalien werden aber noch auffallender und zeigen um so deutlicher, dafs hier zwei verschiedne Fluthwellen sich gegenseitig schwächen, wenn man die Zeiten des Hochwassers oder die Hafenzeiten verschiedener nahe belegener Küsten-Punkte unter sich vergleicht. Ich stelle dieselben nachstehend zusammen, wie Storm Buysing*) sie mittheilt, und füge zugleich die mittleren Fluthwechsel in Rheinländischem Fufsmaafse bei:

	Hafenzeit.	mittl. Fluthwechsel.
I. an der Nordsee		
Katwijk	2u 28′	5′ 4″
Petten	3u 10′	5′ 2″
Nieuwe-Diep	7u 6′	3′ 8″
Texel bei Oude Schild	7u 30′	3′ 4″
Vlieland im Hafen	8u 0′	5′ 2″
Terschelling im Hafen	8u 34′	5′ 1″
Ameland	9u 48′	6′ 3″
Rottum	10u 32′	7′ 6″
II. an der Zuiderzee		
Harlingen	8u 30′	4′ 2″
Staveren	8u 30′	1′ 9″
de Lemmer	12u 51′	0′ 3″
Mündung der Yssel	1u 0′	0′ 6″
Insel Urk	1u 0′	0′ 6″
Durgerham, an der Mündung des Y	2u 40′	0′11″
Monnikendam	2u 0′	0′10″
Insel Marken	2u 0′	0′10″
Edam	1u 30′	1′ 1″
Hoorn	12u 45′	0′10″
Enkhuizen	12u 0′	1′ 9″
Medemblick	10u 30′	2′ 1″.

Der sehr grofse Zeitunterschied zwischen dem Eintritt des Hochwassers bei Petten und Nieuwe-Diep mufs zunächst befremden. Beide Orte sind nur etwa 4 Meilen von einander entfernt und

*) Bouwkundige Leercursus. I. Theil. Breda 1854, pag. 580.

Digitized by Google

eben so viel Stunden braucht die Fluthwelle, um diesen Weg zu durchlaufen. Zum Theil rührt dieses davon her, dafs das auftreibende Wasser sogleich in die Zuiderzee abfliefst und nicht früher die gröfste Höhe erreichen kann, bis letztere wenigstens so weit gefüllt ist, dafs die Einströmung mäfsiger wird. Das Mars-Diep zwischen Nord-Holland und Texel ist indessen nicht der einzige Arm, durch welchen die Zuiderzee mit dem offnen Meer in Verbindung steht, vielmehr existiren eben solche und zum Theil sogar noch weiter geöffnete Verbindungen zwischen allen einzelnen Inseln, welche die Zuiderzee im Norden begrenzen. In diese sämmtlichen Arme tritt aber das Hochwasser keineswegs gleichzeitig ein, vielmehr nach Angabe der vorstehenden Tabelle am frühesten im Mars-Diep, eine Stunde später zwischen Texel und Vlieland und wieder eine halbe Stunde später zwischen Vlieland und Terschelling, während es auf der Ostseite der letztbenannten Insel um mehr als eine volle Stunde noch später erscheint. Die übrigen Inseln sind von der Zuiderzee bereits so weit entfernt, dafs die betreffenden Oeffnungen nicht mehr zu ihrer Füllung und Entleerung beitragen dürften.

Es leidet hiernach keinen Zweifel, dafs die erste Oeffnung, also diejenige zwischen Nord-Holland und Texel, vorzugsweise das Wasser der Zuiderzee zuführt, und umgekehrt auch bei der Ebbe dasselbe wieder ableitet. Während die Fluth hier einzuströmen beginnt, findet in den östlich belegenen Oeffnungen noch Ebbe statt, und wenn in den letztern der Strom umsetzt, so ist der See durch die erste bereits theilweise gefüllt. Ganz dasselbe Verhältnifs wiederholt sich auch bei der Ebbe, woher sich die sehr vollständige Ausbildung und die grofse Tiefe des Mars-Dieps erklärt. Indem dieses sich aber auf der Binnenseite der Insel Texel in nordöstlicher Richtung hinzieht, so ist sogar zu vermuthen, dafs ein Theil des hier einströmenden Wassers durch die folgenden Oeffnungen und zwar besonders zwischen Vlieland und Terschelling sogleich wieder nach der See abfliefst.

Was die Verbreitung der Fluth in der Zuiderzee betrifft, so mufs man die beiden sehr verschiednen Theile derselben unterscheiden, nämlich den nördlichen, der im Süden von der aus Nord-Holland vortretenden Halbinsel (worauf Medemblick und Enkhuizen liegen) begrenzt wird, und den südlichen, der sich bis gegen

Digitized by Google

Amsterdam hinzieht. In dem letztern ist die Fluth viel geringer und veranlafst nach vorstehender Tabelle nur Wechsel des Wasserstandes von etwa 1 Fufs. Das Hochwasser tritt daselbst auch erst 4 bis 5 Stunden später, als bei Nieuwe-Diep ein. In dem ersten oder dem nördlichen Theil dagegen stellt sich am östlichen Ufer bei Harlingen und Staveren das Hochwasser in derselben Zeit ein, wie im Hafen von Terschelling. Mehrere weite Rillen führen dasselbe auch zwischen den Watten direct hieher. Bei Medemblick dagegen tritt das Hochwasser erst zwei Stunden später ein. Der Grund davon ist darin zu suchen, dafs bevor das Wasser hier seine gröfste Höhe erreichen kann, die Abströmung nach dem südlichen Theil aufgehört haben mufs. Vor Medemblick nimmt sonach das Wasser erst $3^1/_2$ Stunden später, als vor Nieuwe-Diep, seinen höchsten Stand ein, also wenn am letzten Orte bereits eine starke Senkung und Ausströmung nach der See wieder eingetreten ist. Es erklärt sich daher, dafs das Wasser sich zwischen Nord-Holland und der Insel Wieringen auf dem kürzesten Wege nach dem Mars-Diep hinbewegt, und indem es hier ein tiefes und weites Bette vorfindet, während zugleich das Niveau der Nordsee hier bereits tiefer gesunken ist, als in den Oeffnungen zwischen den übrigen Inseln, so bildet sich von selbst eine kräftige Strömung, die man ohne Gefahr auf ein schmaleres Bette concentriren durfte. Dieses ist eben durch jenen Damm geschehn, der den Abflufs über die Watten unterbricht und das Wasser zwingt, den Hafen Nieuwe-Diep zu durchströmen. Der dadurch künstlich dargestellte Wasserlauf ist nicht nur für die in der ersten Hälfte der Ebbe abfliefsende Masse der kürzeste Weg, sondern er führt diese auch direct nach dem weiten und tiefen Mars-Diep und durch dasselbe der offnen See an einer Stelle zu, wo sich bereits das stärkste Gefälle bildet.

Vorstehende Auseinandersetzung der Fluthverhältnisse schien nothwendig, um der Ansicht entgegen zu treten, als ob man durch eine Anlage, wie hier zur Ausführung gekommen, auch in allen andern Fällen die Strömung beliebig concentriren und dadurch die Häfen vertiefen und vor Verflachungen sichern könnte.

Die nachstehende Beschreibung des Hafens Nieuwe-Diep ist zum Theil aus Storm Buysing entlehnt, doch sind derselben vielfache Ergänzungen hinzugefügt, die theils auf wieder-

Digitized by Google

holter eigner Anschauung,*) besonders aber auf Mittheilungen des Ober-Ingenieur J. Strootman (des Verfassers einer wichtigen Schrift über Seeschleusen) beruhn, der früher daselbst angestellt war. Fig. 118 zeigt die Situation des Hafens.

Die so eben erwähnte Ebbe-Strömung, die sich auf der Ostseite der äufsersten Spitze von Nord-Holland hinzog, hatte hier eine Bille eröffnet, die bereits in früherer Zeit als Hafen benutzt wurde, doch konnten wegen mangelnder Tiefe daselbst nur kleine Schiffe einlaufen, die auch bei starken östlichen Winden und während des Eisgangs wenig Schutz fanden. Als die Tiefe in der Mündung der Maas sich nach und nach verminderte und hierdurch sowol der Handel, wie auch die Kriegs-Marine von Holland bedroht wurde, so wurde im Jahre 1780 eine Commission niedergesetzt, um zu untersuchen, ob der kleine Hafen an dem sehr tiefen Mars-Diep sich nicht in einen Kriegshafen verwandeln lasse. Die Commission erklärte dieses für erreichbar, wenn die Rille auf der Ostseite durch einen Hafendamm (Leidam) begrenzt und von diesem aus ein langer Flügel (Vangdam) über das Watt geführt würde, der die Ebbe-Strömung hier auffangen und durch den Hafen leiten sollte. Bei der Unmöglichkeit, die passenden Maafse sicher vorher zu bestimmen, wurde die Länge des letzten Dammes vorläufig zu 600 Ruthen angenommen, jedoch eine weitere Verlängerung nach Bedürfnifs in Aussicht gestellt.

Diese Vorschläge kamen sogleich zur Ausführung. Der Hafendamm bestand nach Woltman's Mittheilung**) aus einem flachen Faschinen-Packwerk, das regelmäfsig mit grofsen Steinen überdeckt war. In dem äufsern Theil war es 72 Fufs und von der scharfen Ecke (dem Eingange des gegenwärtigen Kriegshafens gegenüber) bis zum Fangedamme 48 Fufs breit. Der Fangedamm wurde dagegen durch eine dichte Holzwand dargestellt, an welche sich seeseitig eine mit Steinen beschwerte Faschinen-Packung von 18 Fufs Breite lehnte, während gegen die innere Seite Mauerschutt

*) Als der Kriegshafen und dessen Verbindung mit dem Nordholländischen Canale noch in der Ausführung begriffen war, habe ich über denselben in der „Beschreibung neuerer Wasserbauwerke. Königsberg 1826" pag. 78 ff. ausführliche Mittheilungen gemacht.

**) Beiträge zur hydraulischen Architectur. IV. Band. Göttingen 1799. S. 68 ff.

Digitized by Google

gebracht war. Von dieser anfänglichen Construction ist man bei der spätern Unterhaltung abgegangen, wovon im Folgenden die Rede sein wird.

Den westlichen Hafenkopf bildete ein Wierhöft (§ 16), welches sich an den bereits früher beschriebenen Helder'schen Seedeich anschlofs. Der Deich, der das Städtchen und das zugehörige Land auf der Ostseite schützte, befand sich in einiger Entfernung von dem neuen Hafen, und der zwischen liegende Aufsendeich war unbefestigt und sehr niedrig. Letzterer mufste gegen die verstärkte Strömung um so mehr geschützt werden, als der Hafen oder die ehemalige natürliche Rille scharf gekrümmt war, und die Landseite die Concave bildete. Aufserdem kam es darauf an, das aufgefangene Wasser direct in den Hafen zu leiten und die Ueberströmung des niedrigen Aufsendeichs zu verhindern. Zu diesem Zweck wurde zunächst von dem Punkte aus, welcher der Verbindung des Fangedamms mit dem Leitdamm gegenüber lag, ein Damm in südlicher Richtung bis zu einer 150 Ruthen entfernten höheren Stelle des Ufers geführt. Die Seitenströmung wurde dadurch vollständig verhindert, und der neue Damm trat mit seinem Kopf in den Hafen hinein, so dafs er als Buhne wirkte. Sechs andre Buhnen wurden aufserdem in gleichen Abständen in das concave Ufer zwischen diese erste Buhne und das Wierhöft gelegt, während an das letzte sich ein kurzes Bohlwerk zum Anlegen der Schiffe anschlofs. Einige dieser Buhnen, die im Allgemeinen nur niedrig waren, wurden sogleich in Holz überbaut, damit die Schiffe daran gleichfalls anlegen und bequem beladen oder gelöscht werden könnten.

In diesem Zustande sah Woltman den Hafen im Sommer 1784, und rühmt bereits die sehr grofsen Erfolge, welche der lange Fangedamm in der kurzen Zeit herbeigeführt hatte. 1782 war dieser Damm beendigt und in den zwei folgenden Jahren hatte die Tiefe durchschnittlich um 3 Fufs zugenommen, während eine ansehnliche Vertiefung schon während des Baues eingetreten war. Diese Wirkung war jedoch nicht allein durch die verstärkte Strömung herbeigeführt, vielmehr waren auch künstliche Mittel, nämlich Baggerarbeiten und Auflockerungen des Grundes dabei zur Anwendung gekommen, namentlich an solchen Stellen, wo der Boden fester war und die Strömung allein keine Wirkung zeigte.

Digitized by Google

Ob die Baggerarbeiten, die wohl nur aus freier Hand ausgeführt wurden, von merklichem Nutzen gewesen, mufs dahin gestellt bleiben, die Vorrichtung zum Auflockern des Grundes bestand aber darin, dafs ein grofser Rechen mit eisernen Zinken an ein Fahrzeug befestigt wurde, welches der Strom in Bewegung setzte. Dabei hatte man, um die Angriffsfläche des Stroms gegen das Schiff zu vergröfsern und dadurch den Effect zu verstärken, noch unter Wasser ein Segel ausgespannt, das vom Strom getroffen wurde.

Storm Buysing sagt, dafs vor dem Jahre 1782 der Hafen kaum 11 bis 13 Fufs tief gewesen, 1783 habe die Tiefe aber bereits 16 bis 19 Fufs betragen. Für den beabsichtigten Zweck genügte dieses noch nicht, und da man sich überzeugte, dafs die Tiefe nicht weiter zunahm, dafs vielmehr einzelne künstlich vertiefte Stellen sich wieder verflachten, so wurde schon damals beschlossen, die Strömung durch weitere Verlängerung des Fangedamms zu verstärken. Die Verlängerung erfolgte zunächst in der anfangs gewählten Richtung, auf die letzten 100 Ruthen wurde der Damm dagegen südwärts geführt. Er nahm daher die Form an, welche Fig. 28 zeigt, die aber in Fig. 118 wegen Mangel an Raum nicht vollständig dargestellt ist. Seine ganze Länge mafs nunmehr 896 Ruthen. Die Breite wird zu 27 Fufs angegeben und die Krone lag in der Höhe der gewöhnlichen Fluthen.

Zur Zeit, als Woltman dort war, existirte diese grofse Tiefe noch nicht, doch war sie im September 1785 erreicht, worauf Fregatten von 36 Geschützen, und einige Jahre später selbst Linienschiffe und Ostindien-Fahrer im Hafen liegen konnten.

Es stellte sich bald das Bedürfnifs heraus, wenigstens für kleinere Reparaturen der Schiffe die nöthigen Einrichtungen zu treffen. Dieses geschah an der Stelle, wo sich gegenwärtig das Fort Neu-Werk befindet. Das Fahrwasser hatte indessen daselbst nicht hinreichende Tiefe, weil der Ebbestrom zur Seite des Fangedamms in den Hafen trat. Es mufste also der Hafendamm über den Fangedamm hinaus bis vor das neue Werk verlängert werden, und um die Tiefe unmittelbar neben dem Ufer darzustellen und zugleich den daselbst liegenden Schiffen mehr Schutz zu gewähren, wurde noch, wie Fig. 118 zeigt, ein kurzer Flügel rechtwinklig an das Ende des Hafendamms angesetzt. Dieser Flügel ist

Digitized by Google

indessen 1862 wieder beseitigt, indem zugleich der Leisdamm in südöstlicher Richtung etwa um 100 Fufs verlängert wurde.

Als ich 1822 den Hafen sah, waren jene Buhnen, von denen oben die Rede gewesen, vollständig beseitigt und dafür das landseitige Ufer mit Steinpackungen, die sich gegen ziemlich dichte Pfahlwände lehnten, eingefafst war. Der Kopf des westlichen Hafendamms bestand gleichfalls aus solcher Steinpackung, worauf jedoch ein starker Wier-Riemen ruhte, der sich bis über die Krone des anschliefsenden Deichs erhob und den Stofs der Wellen auffing. Dieser Wier-Riemen bestand auch später noch, doch wurde er nicht mehr unterhalten und war so vollständig durch hölzerne Brücken überbaut, dafs er nur von der untern derselben noch gesehn werden konnte.

Die Mündung des Hafens ist nord-östlich gerichtet, sie entspricht also keineswegs dem Fahrwasser, welches nach der offnen See führt, auch bemerkt man namentlich beim Beginn der Fluth hier sehr unregelmäfsige Bewegungen im Wasser und starke Wirbel. Dafs den Hafen an sich sehr geschützt ist und vom Wellenschlage der See nicht getroffen wird, ergiebt sich schon aus seiner Lage, auch geschieht es nicht leicht, dafs er sich mit Eis versetzt, weil das Thauwetter gemeinhin bei westlichen Winden eintritt, und diese das Eis vom Hafen entfernt halten. Wenn dagegen der westliche Wind lange angehalten, und hierdurch der Wasserstand sich erhöht hatte, alsdann aber der Wind nach Nord-Ost umsetzte, so traten die Wellen über den Hafendamm und veranlafsten eine starke Bewegung im Hafen, welche den darin liegenden Schiffen gefährlich wurde. Dieses ungünstige Zusammentreffen ereignete sich namentlich 1829 und man nahm hieraus Veranlassung, den Hafendamm, dessen Krone bisher auf gewöhnlicher Fluthhöhe lag, um 7 Fufs zu erhöhen.

Das damals diesem Damme gegebene Profil, das auch noch bei allen Instandsetzungen wieder gewählt wird, ist folgendes. Die Breite der Krone mifst nur 4 Fufs 9 Zoll. Dieselbe ist etwas gewölbt und erhebt sich 7 Fufs 4 Zoll über die gewöhnlichen Fluthen. Um den Kopf aber nicht zu sehr dem Andrange der Wellen auszusetzen, hat dieser seine frühere Höhe beibehalten und auf die ersten 26 Ruthen steigt die Krone gleichmäfsig von der ordinären Fluthhöhe bis zu der bezeichneten gröfsern Höhe an.

Digitized by Google

Zu beiden Seiten geht die Krone in die Böschungen über, die mit zweifacher Anlage bis zum Grunde sich fortsetzen. Der Kern des Damms, aus dem die frühern Packwerke wohl nicht entfernt werden konnten, ist mit Sand überschüttet, und mit einer 2 Fuss starken Klai-Lage überdeckt. Die Unterlage für das Pflaster bildet eine 8 Zoll hohe Schüttung von Ziegelbrocken und das Pflaster selbst ist 1 Fuss stark.

Die regelmäßige Einfassung des westlichen Hafen-Ufers erfolgte in den Jahren 1812 bis 1815, wobei theils, wenn die Tiefen sehr gross waren, der Senkstück-Bau Anwendung fand, theils aber auch, wie bereits erwähnt, verankerte Pfahlwände ausgeführt und mit Steinen hinterpackt wurden. Die Uferhöhe wurde auf 3 Fuss über gewöhnliche Fluthen normirt, während der dahinter liegende Deich mit der sehr sanften Böschung von 1 zu 15 noch 3 Fuss höher anstieg.

Die Tiefen des Hafens und zwar unter der gewöhnlichen Fluthhöhe gemessen, sind im Situationsplane angegeben, und zwar sind die Stellen, worin die Tiefe 10 Meter oder 32 Fuss und mehr beträgt, durch punktirte Linien eingeschlossen. Dieses sehr günstige Resultat ist aber nur dadurch erreicht, dass der Fangedamm nach und nach auch erhöht und dadurch seine Wirksamkeit verstärkt wurde. Diese Arbeit wurde 1849 begonnen. Der Damm, der ursprünglich auf gewöhnliche Fluthhöhe gelegt war, hatte sich nach und nach um 4 bis 8 Zoll gesenkt, und der Erfolg davon war, dass im Hafen stellenweise sich Versandungen zeigten, welche der Schiffahrt hinderlich wurden. In dieser Zeit fing man an, den Fangedamm bis auf 1 Fuss über gewöhnliche Fluthhöhe zu erhöhen, und zwar geschah dieses zunächst am Anschlusspunkt an den Hafendamm, und jährlich wurde eine Strecke von 160 Fuss Länge in dieser Weise umgebaut. Die Strömung und die Tiefe im Hafen nahm in Folge dessen nach und nach zu, und zwar so, dass 1861 auf eine kurze Strecke die Ufereinfassung einstürzte. Seitdem hat man die weitere Erhöhung unterlassen, man ist aber auf die Aenderungen der Tiefen gegenwärtig sehr aufmerksam geworden, und mit der größten Vorsicht werden schon seit 1822 jährlich an bestimmten Stellen Querprofile gemessen. Die grosse Tiefe muss im Interesse der Schiffahrt erhalten werden, dieselbe darf aber auch nicht zunehmen, weil dieses für die Uferein-fassungen

Digitized by Google

gefährlich sein würde. Die begonnene Erhöhung des Fangedamms bietet Gelegenheit, den Strom zu verstärken, sobald eine Verminderung der Tiefe sich bemerkbar machen sollte. Es ist auch nicht in Abrede zu stellen, dafs manche Aenderungen, die theils von selbst eingetreten, theils aber auch künstlich herbeigeführt sind, die bisherige Strömung schwächen dürften. Schon bei der Eindeichung des Anna Paulowna Polders wurde die Besorgnifs angeregt, dafs hierdurch der Hafen gefährdet werden möchte. Die Besorgnifs hat sich nicht bestätigt, oder der Einflufs dieser Anlage ist vielleicht durch die erwähnte Erhöhung des Fangedamms aufgehoben. Eine andre Eindeichung, durch welche die Insel Wieringen mit dem festen Lande verbunden werden soll, wird bereits seit mehreren Jahren beabsichtigt, und in neuster Zeit ist sogar die Eindeichung und Trockenlegung eines grofsen Theils der Zuider-Zee in Aussicht genommen, wie auch die Umwandlung des Y in einen Schiffahrts-Canal bereits in der Ausführung begriffen ist. Unfehlbar wird durch diese Anlagen die bisherige Durchströmung des Hafens wesentlich beeinträchtigt. Die Niederländischen Ingenieure sind, wie es scheint, der Ansicht, dafs auch in diesem Fall durch weitere Erhöhung, und wenn es nöthig sein sollte, durch weitere Verlängerung des Fangedamms die Strömung im Hafen gesichert werden könne. Schliefslich mufs in Betreff des Fangedamms noch bemerkt werden, dafs derselbe an seinem hintern Ende nicht steil abfällt, sondern mit sehr sanfter Böschung bis zum Grunde ausläuft.

Bisher war nur von demjenigen Theil des Hafens die Rede, der von der Fluth und besonders von der Ebbe durchströmt wird. In demselben liegen die Schiffe zwar sehr sicher, doch fehlen darin manche Anstalten, welche der Schiffsverkehr fordert. Einige Vorkehrungen zu kleineren Reparaturen, wie auch zu Ausrüstungen der Kriegsschiffe waren zwar bereits in dem Fort Neu-Werk getroffen, doch entsprachen diese keineswegs dem Bedürfniss eines wirklichen Kriegshafens. Was andrerseits die Handels-Marine betrifft, so lag es wohl nicht in der Absicht, für diese einen selbstständigen gröfsern Hafen hier einzurichten, vielmehr wurde Nieuwe-Diep nur als Vorhafen von Amsterdam angesehn, worin die Schiffe bei ungünstiger Witterung einlaufen, auch daselbst soweit gelichtet werden sollten, dafs sie über die Untiefe vor der Mün-

Digitized by Google

dung des Y gebracht werden könnten, während sie andrerseits, wenn sie ausgingen, erst hier die volle Ladung einnehmen sollten.

Diese Verhältnisse wurden zur Zeit der Französischen Occupation wesentlich geändert, indem damals beschlossen wurde, einen vollständigen Kriegshafen hier einzurichten. Die Ausführung begann auch bereits zur Zeit des Kaiserreichs, indem man das Terrain zu dem ausgedehnten Marine-Etablissement auf der westlichen Seite des Hafens ankaufte, und mit der Ausgrabung des grofsen Docks oder Bassins den Anfang machte. Nachdem die Niederlande ihre Selbstständigkeit wieder erlangt hatten, gab man dieses Project nicht auf, vielmehr wurde es in den westlichsten Theilen zur Ausführung gebracht. Die ganze Anlage gewann aber noch eine gröfsere Bedeutung, indem bald nach dem Frieden das Project zu dem Nordholländischen Canal angeregt und dessen Verbindung mit diesem Hafen und dem Marine-Etablissement beschlossen wurde. Der erwähnte Canal beginnt Amsterdam gegenüber am Zollhause ohnfern Buiksloot. Er erhielt solche Dimensionen, dafs die auf den Werften bei Amsterdam erbauten Kriegsschiffe, und selbst Linienschiffe vor der Ausrüstung ihn befahren konnten, indem sie die volle Ausrüstung in Nieuwe-Diep erhalten sollten. Seine Tiefe war auf 24 Fufs bestimmt, doch wurde dieselbe bei der ersten Anlage nicht erreicht.*)

Die Situationszeichnung Fig. 118 weist die verschiednen gegenwärtig bestehenden Schiffahrtsverbindungen, Schleusen und sonstigen Anlagen in und neben dem Hafen und dem Marine-Etablissement nach, welches gegenwärtig den Namen Willemsoord führt. Bei Beschreibung derselben sollen zugleich die Aenderungen erwähnt werden, die daran im Lauf der Zeit vorgenommen sind.

Der Nordholländische Canal spaltet sich auf der Nordseite des neuen Werks, welches vor vierzig Jahren nur aus einigen Erdwällen bestand, in zwei Arme. Die linkseitige bildet die Fortsetzung des Canals, der sich bis zum Marine-Etablissement erstreckt, während der rechtseitige durch zwei unmittelbar neben einander belegene Schleusen *A* und *B* die Verbindung mit dem

*) Ausführliche Mittheilungen über diesen Canal befinden sich gleichfalls in der „Beschreibung neuerer Wasserbauwerke".

Digitized by Google

Hafen darstellte. Diese Schleusen, die Commercie-Schleusen benannt, wurden mit dem Canal zugleich erbaut. Die gröfsere derselben war 198 Fufs lang, 44 Fufs weit und die Schlagschwelle lag 20 Fufs unter der gewöhnlichen Fluth. Die kleinere Schleuse *B* war nur etwa 20 Fufs weit. Diese unmittelbare Verbindung beider Schleusen, die nur durch eine gemeinschaftliche Kammermauer getrennt wurden, hat sich als sehr unbequem herausgestellt, insofern die beiderseitigen Zugänge nicht gehörig geschieden waren, und deshalb den ein- und ausgehenden Schiffen die nöthige Hülfe nicht geleistet werden konnte. Die gröfsten Schiffe, welche den Canal befahren, konnten auch durch keine dieser beiden Schleusen nach dem Hafen gelangen. Da dieses jedoch vorzugsweise Kriegsschiffe waren, so gingen dieselben auch jedesmal nach dem Marine-Etablissement, und es war Absicht, durch letzteres auch die besonders grofsen Kauffahrtei-Schiffe, wie etwa Ostindien-Fahrer, in den Hafen gelangen zu lassen.

Die gröfsere der erwähnten Schleusen hatte ursprünglich eine andre Einrichtung als gegenwärtig. Das Haupt auf der Hafenseite wurde nämlich nur durch ein Paar Stemmthore geschlossen, die nach aufsen aufschlugen, also die höheren Wasserstände der See vom Canal abhielten. Auch in dem andern Haupt befand sich nur ein Thorpaar, das gleichfalls nach der Hafenseite aufschlug. Die Schleuse konnte also, sobald der Wasserstand im Hafen der höhere war, als gewöhnliche Kammerschleuse benutzt werden.

Bei dem zunehmenden Verkehr und der weitern Ausdehnung der Dampfschiffahrt wiederholte sich häufig der Fall, dafs die Handelsschiffe, welche den Canal befuhren, zu grosse Dimensionen hatten, als dafs sie durch die beschriebenen Schleusen gehn konnten. Sie mufsten alsdann durch das Marine-Etablissement geführt werden, und dieses verursachte Störungen in der Benutzung des letztern, während man in neuer Zeit ganz allgemein sich davon überzeugt hat, dafs die nothwendige Erhaltung der Ordnung in einem Kriegshafen die Mitbenutzung desselben durch Handelsschiffe verbietet. Aus diesem Grunde wurde später noch eine grofse Schleuse in dem Neuen-Werk erbaut, welche die unmittelbare Verbindung des Canals mit dem Hafen gleichfalls darstellt. Dieselbe ist in der Figur mit *C* bezeichnet, und indem sie den

Digitized by Google

ganzen Verkehrs vermitteln soll, so wurde sie zwischen den beiden Häuptern mit einem weiten Bassin von 154 Fuſs Länge und 102 Fuſs Weite versehn, in welchem gleichzeitig eine Menge Schiffe Platz finden. Jedes Haupt enthält zwei Paar Stemmthore, die nach entgegengesetzten Seiten aufschlagen. Die lichte Weite der Schleuse zwischen den Thoren mifst 34 Fuſs und die Schlagschwellen liegen 21½ Fuſs unter gewöhnlicher Fluthhöhe. Die ganze Länge der Schleuse, von Thor zu Thor gemessen, beträgt 223 Fuſs, wobei selbst gröſsere Schraubendampfer hindurch gehn können.*) Endlich führte noch eine kleine Kammerschleuse *L* aus dem Hafen unmittelbar nach den bei *M* belegenen Werften in Neu-Werk. Letztere gingen aber ein und wurden verschüttet, als die Helinge und Trockendocks in Wilhelms-Ort eingerichtet waren. Die beiden ältesten, zuerst beschriebenen Schleusen *A* und *B* sind 1861 beseitigt.

Derjenige Theil des Canals, den sich von den erwähnten Schleusen bis zum Marinehafen erstreckt, bildet ein Dock, worin die Schiffe neben geräumigen Kais und einigen Magazinen bequem liegen. Die von Amsterdam kommenden Dampfboote legen gleichfalls hier an. Die in neuster Zeit von Haarlem nach Nieuwe-Diep geführte Eisenbahn schliesst sich aber auf der nordwestlichen Seite von Neu-Werk an ein geräumiges Bassin an, das sowol mit dem Hafen, als mit dem Canal in Verbindung steht und den Uebergang des Eisenbahn- und Schiffs-Verkehrs vermittelt.

Der Kriegshafen Wilhelms-Ort ist rings durch hohe Zäune, Pallisaden, oder durch den Canal abgeschlossen, der ihn auf drei Seiten umgiebt. Das erweiterte Bassin auf seiner Südseite, welches unmittelbar mit dem Nordholländischen Canal und durch eine kleine Schiffsschleuse *I* auch mit dem Hafen in Verbindung steht, ist nicht sowol für die Schiffe der Kriegs-Marine, als vielmehr für solche Handelsschiffe bestimmt, welche Proviant und Ausrüstungs-Gegenstände für die Flotte zuführen. Diese Schleuse war früher mit Fächerthoren versehn, die jedoch 1848 durch gewöhnliche Stemmthore ersetzt sind. Die Magazine befinden sich an beiden Seiten des kleinen Canals, der sich vom Haupt-

*) Eine ausführliche Beschreibung dieser Schleuse von Dalmann befindet sich in der Zeitschrift für das Bauwesen. 1857 Seite 330 ff.

Digitized by Google

Canal um das ganze Etablissement bis gegen die Mündung des Hafens fortsetzt.

Das in der Mitte belegene grofse Bassin oder Dock für die Kriegsschiffe war ursprünglich 1000 Fufs lang, 425 Fufs breit und bei mittlerer Fluth 22 Fufs tief, 1860 wurde es aber auf der Nordseite um 86 Fufs verlängert und zugleich um 3 Fufs vertieft. Es ist rings umher mit Basalt-Mauern eingefasst. Auf der Südseite steht es mit dem Nord-Holländischen Canal in Verbindung, und hier befindet sich bei *D* eine Schleuse, die 1859 umgebaut wurde. Dieselbe hat zwei Paar Stemmthore aus Eisenblech, die jedoch nach verschiednen Richtungen aufschlagen, mittelst deren man bei hohem Aussenwasser den Wasserstand im Dock etwas senken kann, um das Entleeren des Trocken-Docks zu erleichtern. Diese Schleuse ist $61\frac{1}{2}$ Fufs weit und die Schlagschwellen liegen 24 Fufs unter gewöhnlicher Fluth.

Ein zweites Schleusenhaupt *E* stellt auf der östlichen Seite die Verbindung des Bassins mit dem Hafen dar. Diese Schleuse, die Dockschleuse genannt, war früher 54 Fufs weit und ihre Schlagschwelle lag 24 Fufs unter gewöhnlichem Hochwasser. Sie war mit zwei Thorpaaren versehn, die in entgegengesetzten Richtungen aufschlugen, also eben so wohl besonders hohe Fluthen vom Bassin abhielten, als eine zu starke Entleerung desselben verhinderten. Die Fluth-Thore, die sich bis zur Kronenhöhe des Deichs erhoben, lagen in der Richtung des letztern, und dienten sonach zum Schutz des ganzen Etablissements gegen Sturmfluthen. Den Aufsendeich bildete ein breites Kai, welches dem öffentlichen Verkehr übergeben war, und um diesen durch den Schleusen-Canal nicht zu unterbrechen, wurde in erster Zeit ein Ponton in letztere gelegt, das für Fufsgänger und leichtes Fuhrwerk den Uebergang vermittelte. Später wurde dieses durch eine leichte Zugbrücke ersetzt, während gegenwärtig eine Drehbrücke *F* die Verbindung darstellt.

Das Schleusenhaupt *E* ist im Jahr 1862 umgebaut, weil es sich theils in schlechtem Zustande befand, theils aber auch seine Dimensionen den neuern Bedürfnissen der Marine nicht entsprachen. Bei den sämmtlichen Bauwerken am Nordholländischen Canal hatte man, ganz abweichend von der sonst in den Niederlanden üblichen Constructions-Art, nicht den Rheinischen Trafs,

Digitized by Google

vielmehr ein künstliches Surrogat desselben, nämlich einen gebrannten Thon angewendet, den ein Fabrikant, Namens Casius, in Utrecht darstellte. Der aus dem *Y* gebaggerte Schlick wurde getrocknet, scharf gebrannt und gemahlen. Es war also eine Art Ziegelmehl, das in Verbindung mit gewöhnlichem Kalk einen sehr festen und selbst unter Wasser erhärtenden Mörtel darstellen sollte. Ob ein so günstiges Resultat wirklich in Aussicht stand, war schon zur Zeit der Ausführung der ersten Schleusenbauten bezweifelt worden. Als ich 1822 und 1823 mich in Nord-Holland aufhielt, hörte ich vielfache Klagen über den hier verwendeten schlechten Mörtel, dessen Unhaltbarkeit sich an der Schleuse zwischen dem Canal und dem *Y*, oder der Wilhelm-Schleuse, Amsterdam gegenüber, bereits herausgestellt hatte. An einzelnen Stellen, wo das Mauerwerk aufgebrochen war, bestätigte sich auch vollständig die Befürchtung, dafs dieser Cement wenig dauerhaft sei. Nichts desto weniger wurde ohnerachtet der lebhaftesten Angriffe in den öffentlichen Blättern das Fabrikat von Casius dennoch nach wie vor verwendet. Dieses geschah auch bei der in Rede stehenden Dockschleuse in Wilhelms-Ort, und die Erfahrungen waren hier dieselben. Indem die Mauern vielfach gerissen und aufserdem auch aus dem Loth gewichen waren, mufste die Schleuse endlich abgebrochen und durch eine neue ersetzt werden.

Die neue Dockschleuse erhielt zwischen den aus Eisenblech bestehenden Thoren, die wieder nach beiden Seiten aufschlugen, die lichte Weite von 70 Fufs, während die bereits erwähnte Drehbrücke *F* zwischen den Mauern $73\frac{1}{4}$ Fufs weit ist.

Schon bei der ersten Anlage des Marine-Etablissements wurde auf der westlichen Seite des Bassins bei *G*, also der Dockschleuse gegenüber, ein Trocken-Dock erbaut. Dasselbe war in der Mündung 54 Fufs weit und wurde durch ein hölzernes Pontonthor mit zwei Kielen geschlossen. Zu beiden Seiten dieses Docks sollten noch zwei andere erbaut werden. Zum Auspumpen derselben war ein gemeinschaftliches Pumpwerk bestimmt, welches durch eine Dampfmaschine getrieben wurde. Diese befand sich in einem Gebäude, welches hinter dem ersten Dock stand. Das gehobene Wasser wurde in den Canal geleitet, der das Etablissement umgiebt. Das Dock erregte schon während des Baues

Digitized by Google

Besorgnisse. Der hölzerne Boden hob sich, und ehe man das erste Schiff einbrachte, mufste er schon mit Eisen-Ballast beschwert werden, der dauernd darauf liegen blieb. Trotz dieser Vorsicht gelang es doch nicht, die vielen undichten Stellen zu schliefsen. Hohe Wasserstrahlen sprangen sowol aus dem Boden, als aus den Mauern empor, und die Dampfmaschine, die oft genug ihren Dienst versagte, mufste fast immer in Thätigkeit erhalten werden. Dieses geschah im Jahre 1823, also unmittelbar nach Vollendung des Baues. Als ich zehn Jahre später das Dock wiedersah, hatten so viele springende Strahlen sich von allen Seiten eröffnet, dafs es stellenweise unmöglich war, denselben aus dem Wege zu gehn. Gegenwärtig sind diese Uebelstände beseitigt, man hat einen gemauerten Boden, der ein umgekehrtes Gewölbe darstellt, über dem hölzernen Boden aufgebracht und zugleich die Seitenmauern verkleidet. Das Dock ist gegenwärtig im Boden 296 Fufs lang, und derselbe liegt 19 Fufs 9 Zoll unter gewöhnlicher Fluth. Es können in dasselbe noch die gröfsten Schraubenfregatten eingeführt werden, wenn Geschütze, Anker und Eisenballast entfernt sind. Den Schluss bildet ein eisernes Ponton, worin zum Auslassen des Wassers ein Canal von quadratischem Querschnitt und 3 Fufs 2 Zoll Weite angebracht ist.

Ein zweites Trocken-Dock ist seitdem in der südwestlichen Ecke des Bassins bei *H* erbaut. Dasselbe ist 350 Fufs lang, in der Mitte 73 Fufs und im Eingange 64 Fufs weit, und die Sohle des Eingangs liegt 25½ Fufs unter gewöhnlicher Fluth. Die Construction desselben ist in sofern eigenthümlich, als es nicht auf Pfählen, vielmehr auf einem Balken-Rost ruht. Die Grundbalken oder Kasper liegen nach der Quere des Docks, und zwar sehr nahe nebeneinander. Ein starker Bohlenboden überdeckt sie, und auf diesen sind übereinander noch vier sich kreuzende Lagen von Balken gelegt, die unter sich und mit dem untern Boden durch Bolzen verbunden und in den Zwischenräumen vermauert sind. Ueber diesem Holzboden befindet sich der gemauerte Boden in Form eines umgekehrten Gewölbes, der in der Mittellinie 3 Fufs stark ist. Das eiserne Pontonthor, das mit dem hölzernen Kiel und den Steven in die Mauerfalze eingreift, ist mit zwei Canälen von derselben Weite wie dasjenige vor dem umgebauten Dock versehn. Zwischen beiden Trockendocks be-

Digitized by Google

findet sich das neue Maschinenhaus, worin eine Dampfmaschine von 70 Pferdekräften die Pumpen treibt, das alte Maschinenhaus wird als Eisen- und Mehlmagazin benutzt.

In Betreff der sonstigen Hafen-Anstalten wäre noch die kleine Wasserleitung zu erwähnen, die bei Huisduinen in der Entfernung von nahe einer halben Meile vom Hafen am Fufs der hohen Dünen eingerichtet ist. Aus einem Bassin von mäfsiger Ausdehnung schöpft ein kleines durch Dampf getriebenes Pumpwerk das Wasser, und hebt es etwa 34 Fufs hoch in ein Reservoir, aus welchem es in einen Filtrir-Apparat und aus diesem in eine Röhrenleitung an der westlichen Seite des Hafens tritt, wo mittelst einiger Hähne die Schiffe unmittelbar mit Wasser versorgt werden können.

Die Hafenmündung wird durch zwei kleine Feuer bemerkbar gemacht, von denen das eine rothes und das andere weisses Licht zeigt. Beide brennen von Sonnen-Untergang bis Sonnen-Aufgang, und werden durch Steinkohlengas unterhalten. Aufserdem ist ein festes Feuer erster Ordnung, das 150 Fufs über dem Spiegel der See brennt, auf dem Thurm bei Kijkduin, an der westlichen See-Küste neben der Mündung des Marsdiep errichtet.

Die Situations-Zeichnung zeigt noch einen kleinen Canal *K*, der ohnfern der zum Hafen führenden Schleusen sich abzweigt, das Marine-Etablissement zum Theil umkreist und am Fufs des hohen Seedeichs sich westwärts wendet. Derselbe stellt die Wasser-Verbindung mit dem nahe liegenden Flecken Helder dar, und wurde 1828 ausgehoben, die daneben angedeutete Wasserfläche (westwärts von Wilhelms-Ort) ist seitdem verfüllt worden.

§ 43.

Spülung.

Wenn durch künstliche Anlagen zeitweise ein kräftiger Strom durch die Hafen-Mündung geführt wird, um dieselbe oder auch wohl einen Theil des Hafens zu vertiefen, so sagt man, der Hafen wird gespült. Eine solche Spülung ist nach Thomas Stevenson zum ersten mal von Smeaton, und zwar im Hafen Ramsgate 1779 eingerichtet. Dieselbe bewährte sich so sehr, dafs

Digitized by Google

ähnliche Anlagen seitdem vielfach in Englischen und Französischen Häfen zur Ausführung gekommen sind. Es scheint aber, dafs gegenwärtig die Aufmerksamkeit hierauf in noch höherem Maafse, als früher, gerichtet ist, und dafs dadurch auch noch gröfsere Erfolge erreicht werden. Die localen Verhältnisse gestatten indessen keineswegs, überall von diesem Mittel Gebrauch zu machen, weil dasselbe nur von Erfolg ist, wenn grofse Wassermassen mit starkem Gefälle, also mit grofser Geschwindigkeit, den Hafen durchströmen.

Wenn ein solcher künstlicher Strom nur selten und nur während kurzer Zeit den Hafen so wie das Fahrwasser vor demselben vertiefen und die Tiefe darin erhalten soll, so mufs er viel kräftiger sein, als die Strömungen in den Mündungen der natürlichen Flüsse zu sein pflegen. Diese Bedingung läfst sich nur erfüllen, wenn man in einem weiten Bassin das Wasser hoch über den Wasserstand im Hafen aufstauen kann. Hierdurch allein ist das Gefälle zu erreichen, welches dem Wasser solche Geschwindigkeit ertheilt, oder vielmehr den Ausflufs so beschleunigt, dafs der Wasserspiegel im Hafen sich plötzlich erhebt und der Strom in der Mündung die erforderliche Geschwindigkeit annimmt. Bei den flachen Umgebungen der Ostsee-Häfen mufs man von Einrichtungen dieser Art ganz absehn. Man könnte zwar Bäche und vielleicht auch kleinere Flüsse, ehe sie sich in den Hafen ergiefsen, durch Dammschüttungen und Schleusen sperren und dadurch aufstauen, aber wenn man auf diese Art auch nur einen Stau von 1 oder 2 Fufs darstellen will, so werden schon bedeutende Flächen von Wiesen, Aeckern und Gärten inundirt, und übermäfsige Entschädigungs-Forderungen erhoben. Letztere werden aber dadurch veranlafst, dafs die niedrigen Flufsthäler gerade die fruchtbarsten Ländereien und zuweilen sogar die einzigen sind, welche in der ganzen sandigen Umgebung des Hafens einen reichen Ertrag geben. Wollte man indessen die Anlage dennoch durchführen und zu diesen Entschädigungen sich entschliefsen, so würde der Erfolg doch immer nur sehr geringfügig und wegen der kleinen Niveau-Differenz kaum bemerkbar sein.

Nur solche Häfen, vor denen ein bedeutender Fluthwechsel statt findet, können künstlich gespült werden. Dieses geschieht, indem das Hochwasser in weite, zur Seite des Hafens

Digitized by Google

belegene Bassins tritt, hier durch Schleusen zurückgehalten wird, die man zur Zeit des niedrigsten Wassers plötzlich öffnet. In dieser Weise ist beim Beginn der Spülung ein Gefälle wirksam, welches nahe dem ganzen Fluthwechsel gleich ist. Man erachtet aber selbst dieses, wie es sich in seiner mittleren Gröfse herausstellt, noch nicht für genügend, und beschränkt daher ganz allgemein die Spülungen nur auf die Zeit der Springfluthen. Während der letztern füllen sich theils die Spülbassins höher an, theils aber sinkt auch der Wasserstand im Hafen bei den Ebben tiefer herab. Diese Senkung des Niveaus, welche eine sehr bedeutende Verkleinerung des mit Wasser gefüllten Querprofils zur Folge hat, verstärkt wesentlich den Effect der Spülung. Wenn das aus dem Bassin austretende Wasser auch in der zu vertiefenden Rinne den Wasserstand hebt und dadurch das Profil vergröfsert, so wird die Geschwindigkeit, die umgekehrt der Profil-Fläche proportional ist, sich doch gröfser herausstellen, als wenn beim Beginn der Spülung noch ein hoher Wasserstand im Vorhafen zurückgeblieben wäre. Die Erfahrung bestätigt dieses sehr auffallend, wenn man gezwungen ist, die Spülung eintreten zu lassen, während die Sohle des Hafens noch tief unter Wasser liegt.

Die Spülbassins werden in manchen Fällen nicht durch Fluthwasser, vielmehr dadurch gefüllt, dafs man Bäche und kleinere Flüsse hineintreten läfst. Dieses geschieht zum Beispiel neben dem Handels-Hafen von Cherbourg. Die Verhältnisse sind aber hier und eben so an allen Küsten, vor denen ein starker Fluthwechsel statt findet, in Betreff der Anspannung des Wassers, wesentlich verschieden von denjenigen an der Ostsee. In die Flufsbetten neben dem Atlantischen Ocean oder der Nordsee läuft die Fluth täglich zweimal ein, und alle vierzehn Tage erhebt sich der Wasserstand bis zur Höhe der Springfluthen. Wenn auch unter dem Niveau der letztern vielleicht einiger Graswuchs statt findet und das Land als Weide benutzt wird, was jedoch meist nur in Marschgegenden geschieht, so kann dennoch bis zur Höhe der Springfluthen der durch keine Deiche umschlofsne Boden nicht cultivirt werden, und sein Ertrag vermindert sich daher gar nicht, oder doch nur in geringem Maafse, wenn die Dauer der Inundation, die bisher vielleicht nur auf eine oder zwei Stunden beschränkt war, in den Tagen, an welchen gespült

Digitized by Google

wird, sich auf 6 Stunden oder bis zum Eintritt des niedrigsten Wassers ausdehnt. Zur Anlage von Spülbassins bieten sonach solche Flüsse mit ihren Thälern eine günstige Gelegenheit, und diese Bassins füllen sich sogar wenigstens theilweise von selbst an, ohne dafs man die Fluth hineintreten läfst. Diese Anordnung hat man vorzugsweise deshalb gewählt, um das Eintreiben von Sand, Kies oder Schlamm zu vermeiden, den das Fluthwasser nach den verschiednen örtlichen Verhältnissen mit sich führt, und wodurch die Bassins so stark verflacht werden, dafs man sie von Zeit zu Zeit räumen mufs. Der Gewinn ist indessen nicht von Bedeutung, und es kann sogar geschehn, dafs derselbe Uebelstand, den man vermeiden will, in noch höherem Maafse herbeigeführt wird, wenn diese Flüsse zur Zeit ihrer Anschwellung grofse Sand- oder Kiesmassen mit sich führen. Es bleibt alsdann nur übrig, dem Flufs noch eine zweite Mündung zu geben, die gewöhnlich durch eine Freiarche geschlossen ist, die aber zur Zeit seiner Anschwellung geöffnet wird, und durch welche er sich alsdann zur Seite des Spülbassins unmittelbar in das Meer ergiefst. Die beiden Flüfschen Divette und Trottebec, welche gewöhnlich in das Spülbassin hinter dem Handelshafen von Cherbourg ausmünden, werden zur Zeit ihrer Anschwellung durch Schleusen von diesem Bassin getrennt, und müssen alsdann auf der Ost-Seite der Stadt über den flachen Strand sich in das Meer ergiefsen.

Von den baulichen Anlagen und sonstigen Einrichtungen zur Darstellung einer kräftigen Spülung wird im Folgenden die Rede sein, zunächst sollen nur im Allgemeinen die Bedingungen, unter welchen ein Erfolg zu erwarten ist, entwickelt und die Grenzen dieses Erfolgs bezeichnet werden. Um aber sogleich anzudeuten, dafs schwache Strömungen von kurzer Dauer nicht hieher gehören, mag eine Aeufserung von Sganzin mitgetheilt werden, die sich in den älteren Ausgaben seines Werks (Programme ou résumé des leçons d'un cours de constructions) befindet. Dieselbe lautet: man hat die Erfahrung gemacht, dass wenn 443 000 Cubikmeter unter einer anfänglichen Druckhöhe von $4\frac{1}{2}$ Meter durch eine Oeffnung von 12 Meter Weite in 2 Stunden abfliefsen, hierdurch ein Hafencanal von 27 Meter Breite in hinreichender Tiefe erhalten werden kann. Das Bassin, in welchem das Wasser aufgefangen wird,

Digitized by Google

müfste also, wenn es quadratisch gestaltet wäre, 1000 Fufs lang und eben so breit, sein Niveau aber 14 bis 15 Fufs höher als das des Meers sein, während die Spülung statt findet.

In der neuern, durch Reibell veranstalteten Ausgabe desselben Werks ist diese Angabe unterdrückt, die in ihrer Allgemeinheit auch gewifs nicht maafsgebend ist, dafür aber sind die Dimensionen, Gefälle u. dergl. von verschiednen Spülbassins in Französischen und andern Häfen tabellarisch zusammengestellt, welche den Beweis liefern, dafs kleine Anlagen dieser Art, wie man solche etwa an den Ostsee-Häfen darstellen könnte, und für diese auch zuweilen wirklich empfohlen hat, ohne Beispiel sind, und gar keinen Erfolg erwarten lassen.

In einem Seehafen, der starkem Fluthwechsel unterworfen ist, liegen die gröfsern Schiffe meist in Docks oder Flotthäfen, welche den Wasserstand der Fluth aufnehmen, und indem sie von dem Vorhafen durch Dockschleusen getrennt sind, diesen höhern Wasserstand bis zur nächsten Fluth beibehalten. Das Ein- und Auslaufen der Schiffe in und aus diesen abgeschlossenen Bassins findet nur zur Zeit des Hochwassers statt. Der Vorhafen, der die Verbindung mit der See darstellt, entleert sich zur Zeit des Niedrigwassers so sehr, dafs er in vielen und wohl in den meisten Fällen selbst von Fischerböten nicht durchfahren werden kann. Die Anlage von vollständigen Kammerschleusen vor jenen Bassins, durch welche die Schiffe auch bei kleinem Wasser ein- und ausgebracht werden könnten, wäre sonach entbehrlich und sogar nachtheilig in solchen Fällen, wo wegen der starken Verflachung des Hafens und seiner Mündung die Spülung nothwendig ist.

Nicht selten bemüht man sich, dem Vorhafen in seiner ganzen Länge durch Spülung die nöthige Tiefe zu geben. Es fehlt nicht an Beispielen dafür, dafs diese Absicht, namentlich bei Anwendung gewisser Vorrichtungen, wodurch der Strom zum Angriff der flachen Stellen veranlafst wird, erreicht werden kann. Wie grofs aber ein solcher Erfolg auch sein mag, so läfst er sich dennoch nicht überall herbeiführen, und er ist auch in sofern nur von untergeordneter Bedeutung, als man im Hafen selbst, wo ein heftiger Wellenschlag nur selten eintritt, durch Baggern die erforderliche Tiefe darstellen kann. Letzteres ist dagegen in den

Digitized by Google

Mündungen und in den Fahrwassern vor denselben nur ausnahmsweise möglich. Der Zweck der Spülung bezieht sich also vorzugsweise darauf, die Sand- oder Kies-Ablagerungen in und vor der Mündung zu durchbrechen, so dafs der Hafen bei jedem Hochwasser zugänglich bleibt.

Wenn nun die im Spülbassin aufgefangene Wassermenge möglichst schnell, also durch sehr weite Oeffnungen, die plötzlich freigestellt werden, ausgelassen wird, so stürzt sie in den Vorhafen. Findet sie in demselben keine hohen Ablagerungen, vor denen sie bis zu einer gewissen Höhe anschwellen mufs, ehe sie sich weiter abwärts ergiefst, so verbreitet sie sich über den ganzen Vorhafen, und ihren Abfluss nach dem Meer hemmen nur die Bänke in und vor der Mündung, die sie eben durchbrechen soll. Die gröfste und bedeutendste Wirkung des Spülstroms erfolgt also in der Zeit, wenn derselbe den Wasserstand im Vorhafen am höchsten gehoben hat, und zugleich der äufsere Wasserstand am tiefsten herabgesunken ist, wodurch das stärkste absolute Gefälle in der Mündung sich darstellt. Diese Periode der gröfsten Wirksamkeit ist aber sehr kurz und beschränkt sich meist auf 10 bis 15 Minuten. Die Strömung hält freilich viel länger und oft $1^1/_2$ bis 2 Stunden an, aber sie schwächt sich bald so sehr, dafs sie namentlich den gröbern Kies nicht mehr angreift. Bestehn die Ablagerungen aus Sand, so ist auch später noch einige Wirkung bemerkbar, aber überwiegend grofs ist diese doch nur zur Zeit der stärksten Strömung. Sie vermindert sich und hört meist ganz auf, sobald der Wasserspiegel im Vorhafen sich zu senken anfängt. Minard erwähnt in dem bereits mehrfach angeführten Werke (Seite 173) eine wichtige Beobachtung, die in Dünkirchen gemacht wurde, wo die Verflachungen nicht durch Kies, sondern nur durch Ablagerungen von ziemlich feinem Sande gebildet werden. 25 Minuten vor dem Eintritt des niedrigsten Wassers wurden die Spülschleusen geöffnet. Ein Querprofil nahe vor der Mündung des Hafens war vorher sorgfältig aufgenommen, und dasselbe wurde während der Dauer der Spülung auf's Neue gemessen. Es ergab sich daraus, dafs nach der Ausbildung des Stroms während der ersten 15 Minuten stellenweise eine Vertiefung von 3 Fufs eintrat, dafs aber die spätern Aenderungen sehr unbedeutend und kaum noch zu erkennen waren. Dabei

Digitized by Google

macht Minard darauf aufmerksam, dafs dieser sehr grofse Erfolg nur dadurch veranlafst war, dafs man vorher seit 14 Tagen nicht gespült hatte.

Aus vorstehender Auseinandersetzung ergiebt sich, dafs die Geschwindigkeit des Wassers in der Hafenmündung keineswegs der Niveaudifferenz zwischen dem Wasserstande im Spülbassin und in der See entspricht. Welche übermäfsigen Verluste an Gefälle bei unpassender Anordnung der Spülschleusen eintreten können, zeigt sich besonders in Cuxhaven, wo nach der Angabe des dortigen Bauinspector Lentz*) von der Niveau-Differenz, die gewöhnlich 10 Fufs beträgt, 3 Fufs im Zuleitungs-Canal, 3 Fufs in den Spülschleusen und 3 Fufs beim Sturz von den Abfallboden aufgehoben werden, welcher letztere daselbst einen Kolk von 25 Fufs Tiefe gebildet hat, dennoch aber gab die geringe Strömung, welche das übrigbleibende Gefälle veranlafste, dem Hafen eine um 3 Fufs gröfsere Tiefe, als er vor Erbauung der Spülschleuse oder im Jahr 1792 hatte.

Die heftigen Wirbel hinter der Schleuse zerstören jedesmal einen grofsen Theil der dem Wasser mitgetheilten lebendigen Kraft, und wenn es vorzugsweise Absicht ist, das Fahrwasser in und vor der Hafenmündung zu vertiefen, alsdann dient jenes Gefälle nur dazu, um in möglichst kurzer Zeit den Vorhafen mit Wasser zu füllen. Es leuchtet aber auch ein, dafs dieser Zweck um so vollständiger erreicht wird, je weniger Hindernisse das Wasser im Vorhafen selbst findet. Jede hohe Ablagerung, die sich hier bildet, veranlafst eine Verzögerung und schwächt sonach die Wirkung des Stroms auf die Mündung. Wenn also die Spülung nicht stark genug ist, um beiden Zwecken dauernd zu genügen, so mufs man sich dazu entschliefsen, dem Vorhafen die erforderliche Tiefe durch Baggern zu geben, und dadurch die Wirkung auf die Hafenmündung zu verstärken.

Sobald der Strom aus der Spülschleuse tritt, die jedesmal eine viel geringere Breite als der Hafen hat, so zeigt sich dieselbe Erscheinung, welche man allgemein bemerkt, so oft ein Strahl bewegten Wassers in eine ruhende Wassermasse dringt. Die letztere wird, soweit sie den ersteren berührt, von diesem

*) Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XVIII, 1868, Seite 24.

Digitized by Google

fortgerissen, und indem hierdurch das Niveau sich senkt, so fliefsen seitwärts in entgegengesetzter Richtung andre Wassermassen hinzu, die aber wieder vom Spülstrom gefafst und in der Richtung desselben fortgeführt werden. In dieser Art bilden sich drehende Bewegungen oder Wirbel, die nicht nur einen bedeutenden Theil der lebendigen Kraft consumiren, sondern auch stellenweise sehr starke Vertiefungen veranlassen. Durch letztere wird oft die Spülschleuse selbst gefährdet, und man mufs daher diese mit grofser Vorsicht fundiren und namentlich für die gehörige Sicherung und hinreichende Ausdehnung des Sturzbettes sorgen.

In dem Vorhafen hat der Spülstrom keineswegs einen regelmäfsigen Lauf, er pflegt vielmehr wie andre Ströme sich hin und her zu schlängeln. Die der Schleuse gegenüber stehende Hafenmauer oder sonstige Ufereinfassung wird gemeinhin hart getroffen, doch geschieht dieses auch an andern Stellen, gegen welche der Strom sich zufällig richtet. Dafs die Fundirungen der Mauern alsdann leicht nachgeben, letztere auch wohl einstürzen, wenn man nicht bei Zeiten für ihre Erhaltung sorgt, bedarf kaum der Erwähnung. Wie nachtheilig diese Unregelmäfsigkeiten schon im Hafen sind, so sind sie doch in der Mündung noch viel schädlicher. Sie eröffnen zuweilen die tiefe Rinne in einer Richtung, welche für die Schiffahrt unbrauchbar ist, in sofern diese vielleicht weiter seewärts durch hohe Sandbänke noch gesperrt wird, oder nicht bei denselben Winden durchsegelt werden kann, mit denen die Schiffe aus- und einlaufen.

Die ganze durch den Spülstrom eröffnete Rinne, von der Schleuse bis zur offnen See, ist aber keineswegs nur in ihrer Richtung sehr unregelmäfsig, sondern sie hat auch, andern Flufsbetten ähnlich, an den verschiednen Stellen sehr abweichende Breiten und Tiefen. Von diesem letzten Umstande zieht indessen der Schiffsverkehr nicht selten einen wesentlichen Vortheil, indem diese tiefen Stellen Liegeplätze für gröfsere Schiffe bilden, welche wegen ihres scharfen Baues nicht ohne Nachtheil auf den Grund gesetzt werden dürfen. So giebt es in verschiednen Französischen Häfen, die bei der Ebbe im Allgemeinen nur geringe Wassertiefe behalten, einzelne Vertiefungen, in welchen selbst gröfsere Schiffe schwimmen, ohne den Grund zu berühren. Dieselben sind aber besonders in sofern sehr wichtig, als sie

Digitized by Google

denjenigen Schiffen, die nach dem Schluſs der Dock-Schleusen noch in den Hafen einkommen, zum sichern Liegeplatz dienen.

Man wird immer bemüht sein, den Spülstrom in möglichst gerader Richtung durch den Vorhafen zu führen, um theils eine Rinne darzustellen, welche ohne weitere Nachhülfe als Schiffahrts-Weg benutzt werden kann, die aber theils auch dazu beiträgt, die aus der Schleuse stürzende Wassermasse möglichst schnell der Mündung zuzuführen. Zu diesem Zweck sind sehr verschiedenartige Mittel mit mehr oder weniger günstigem Erfolg versucht worden. Zuweilen ist man in gleicher Art, als wenn es sich um die Regulirung eines Flusses handelt, zu Werke gegangen. So wurden im Vorhafen bei Dover zwei Buhnen erbaut, die keinen andern Zweck hatten, als den Spülstrom direct nach der Hafenmündung zu leiten. Der starke Wechsel des Wasserstandes, der das Bette stellenweise ganz trocken legt, gestattet aber, in diesem Fall andre einfachere Vorkehrungen zur Anwendung zu bringen. Der Spülstrom, den man beliebig schwächen kann, wenn man nur einzelne Oeffnungen in den Schleusen frei macht, verfolgt anfangs die Richtung, in welcher er aus der Spülschleuse tritt, und bildet hier eine Rinne, die er verbreitet und vertieft, wenn sie seiner Wassermenge und Geschwindigkeit nicht entspricht. Es kommt sonach nur darauf an, in der beabsichtigten Richtung eine flache Rinne zu eröffnen, und diejenigen Rinnen, welche man unterdrücken will, zu schliefsen. Das erste geschieht durch einfache Grabenarbeit, und das letztere am einfachsten durch leichte Coupirungen aus Packwerk, die nur mäfsig mit Kies beschwert werden, damit man sie, sobald es nöthig sein sollte, wieder ohne besondre Mühe entfernen kann. Wenn auf diese Weise die neue Rinne mehr angedeutet, als vollständig dargestellt ist, so mufs der Spülstrom so gemäfsigt werden, dafs er sich nicht sogleich über die Coupirungen stürzen und dieselben zerstören kann. Er mufs vielmehr auf die flachen und noch schmalen, neu eröffneten Rinnen beschränkt bleiben, die er aber bald weiter ausbildet und namentlich die aus denselben vortretenden Rücken durchbricht.

Das Ausgraben der Vorhäfen wird zuweilen auch in gröfserer Ausdehnung vorgenommen. So geschah dieses früher im Havre. Der eingetriebene Kies, den die damaligen Spül-

Digitized by Google

schleusen nicht beseitigen konnten, wurde auf Karren geladen und mit Pferden abgefahren. Gegenwärtig findet dieses nicht mehr statt, und die Aenderung ist vorzugsweise dadurch herbeigeführt, dafs man den Kies schon aufserhalb des Hafens zwischen den am nördlichen Ufer der Seine ausgeführten Einbauen auffängt. Diese Einbaue würden freilich ihre Wirksamkeit bald verlieren, indem von der See her so grofse Massen stets hinzugeführt werden, dafs sie in wenig Jahren ganz verschüttet und vor ihnen ein geregelter Strand gebildet sein würde, der fernere Verflachungen im Hafen nicht weiter verhindern könnte. Dieses geschieht indessen nicht, weil der zwischen den Einbauen aufgefangene Kies immer abgefahren und als Ballast in die leer ausgehenden Schiffe verladen wird. Die Schiffer sind nach der dortigen Hafen-Ordnung verpflichtet, keinen andern Ballast, als den hier entnommenen Kies zu benutzen, und der überaus lebhafte Verkehr, der überwiegend auf die Einfuhr von Handelsgütern beschränkt ist, bedingt eine sehr starke Ausfuhr von Ballast. Nach Minard's Angabe werden in dieser Weise etwa 2700 Schachtruthen Kies jährlich beseitigt. Die Spülungen, die inzwischen hier noch bedeutend weiter ausgedehnt sind, als sie es früher waren, sind demnach für den Vorhafen selbst weniger nöthig geworden, und dienen vorzugsweise nur noch zur Offenerhaltung der Mündung und des Zugangs zu derselben, die allerdings noch starken Verflachungen ausgesetzt ist.

Ein andres und ohne Zweifel sehr wirksames Mittel zur Leitung und Regulirung des Spülstroms, das schon seit langer Zeit bekannt und mehrfach versucht worden ist, jedoch erst später zu wesentlichen Erfolgen geführt zu haben scheint, indem es in gröfserem Maafsstabe zur Anwendung gebracht wurde, besteht darin, dafs man den Strom durch gewisse bewegliche Buhnen und Parallelwerke begrenzt und leitet, die nach Bedürfnifs bei jeder Spülung an der angemefsnen Stelle benutzt werden. Von diesen Einrichtungen soll im Folgenden die Rede sein.

Endlich dient noch zur gehörigen Richtung des Spülstroms die Anlage mehrerer Spülbassins nebst Schleusen. Nur in sehr seltenen Fällen kann eine Spülschleuse in die Richtung des Hafen-Canals gelegt werden, gemeinhin befindet sie sich zur Seite desselben, und alsdann trifft die durch sie veranlafste Strömung

Digitized by Google

die gegenüber stehende Ufermauer, und auf diese Art wird der Spülstrom schon bei seinem Eintritt in den Hafen zu ferneren Unregelmäfsigkeiten veranlafst. Diesem Uebelstande ist dadurch abzuhelfen, dafs man auf der andern Seite gleichfalls ein Spülbassin mit Schleuse einrichtet, und indem beide Ströme unter einem spitzen Winkel zusammentreffen, so nehmen sie die Richtung nach der Mündung des Hafens an. Obwohl hierdurch der volle Erfolg nur sehr selten und vielleicht niemals erreicht wird, so läfst sich doch ein wesentlicher Gewinn dabei nicht verkennen. Vielfach ist das Bedürfnifs zur Einrichtung eines zweiten und oft sogar eines dritten Spülbassins erst in späterer Zeit hervorgetreten, indem der gesteigerte Verkehr gröfsere Schiffe dem Hafen zuführte, oder eine Eisenbahn erbaut wurde, deren Züge unabhängig von Fluth und Ebbe sich an ankommende oder abgehende Dampfschiffe anschliefsen sollten. In beiden Fällen mufste für Vergröfserung der Tiefe, also für Verstärkung der Spülung gesorgt werden, und wenn man alsdann auch keineswegs über die Umgebungen des Hafens behufs Anlage eines neuen Bassins frei disponiren konnte, in sofern die Plätze schon andre wichtige Verwerthung gefunden hatten, so ist man doch immer bemüht gewesen, die neue Spülschleuse so zu legen, dafs die Strömung, welche sie veranlafst, in angemefsner Weise mit der aus dem ältern Bassin zusammentrifft, und nach der Verbindung beider der Spülstrom eine Richtung annimmt, welche der des Hafens mehr entspricht.

Wenn mehrere Spülanlagen in demselben Hafen bestehn, so ist bei gleicher Gröfse der Bassins und bei gleicher Weite der Schleusen diejenige am wirksamsten, welche der Mündung des Hafens am nächsten liegt, weil die von hier ausgehende Strömung auf dem Wege bis zu der Stelle, die sie vorzugsweise angreifen soll, am wenigsten geschwächt wird. Man pflegt aber bei verschiednen Abständen der Bassins die betreffenden Schleusen nicht gleichzeitig zu öffnen, weil in diesem Fall die Wirkungen nicht zusammentreffen würden. Das aus einer Schleuse ausstürzende Wasser erzeugt nämlich nicht momentan in der ganzen Länge des Hafens die Strömung, die noch ruhende Wassermasse nimmt vielmehr nur nach und nach die Bewegung an. Es vergehn mehrere Minuten, bevor nach Oeffnung der Schleuse das

Digitized by Google

Wasser im Hafen-Canal in Bewegung kommt, man wartet daher bei jeder der weiter unterhalb belegenen Schleusen denjenigen Zeitpunkt ab, wo in Folge der Wirkung der obern bereits eine merkliche Strömung an dieser Stelle eingetreten ist. Nur hierdurch kann das nothwendige Zusammentreffen aller Spülströme in ihrer gröfsten Intensität erreicht werden. Minard erwähnt, dafs das grofse Spülbassin, welches auf der westlichen Seite des Hafens von Dünkirchen liegt, obwohl die zugehörige Schleuse nur etwa 170 Ruthen von der See entfernt ist, doch erst 15 Minuten nach der Eröffnung des Abflusses in der Hafen-Mündung die stärkste Strömung veranlafst.

Sehr wichtig ist die Frage, welche Geschwindigkeit der über eine Kies- oder Sandbank tretende Strom annehmen mufs, damit er diese angreift. Schon im II. Theil dieses Handbuchs (§ 21) wurden die Resultate der Beobachtungen mitgetheilt, welche Dubuat hierüber gemacht hat, die jedoch in so fern zweifelhaft sind, als die Geschwindigkeit unmittelbar über der Sohle nicht gemessen, sondern unter sehr unsichern Voraussetzungen aus der mittleren hergeleitet ist. Thomas Stevenson sagt, dafs nach verschiednen Beobachtern die nachstehenden Erdarten bei folgenden Geschwindigkeiten in Bewegung gesetzt wurden:

feiner Thon bei	2	Zoll,
feiner Sand	6	„
grober Sand, von der Gröfse des Flachs-Samens	8	„
feiner Kies	1	Fufs,
grober Kies, bis 1 Zoll im Durchmesser	2	„
runde Steine, von der Gröfse eines Eies	3	„

William Swan stellte hierüber gleichfalls Versuche an und zwar in einer Rinne, worin der Wasserstand sehr niedrig war und selten mehr als einen halben Zoll mafs. Derselbe bezeichnet die Stärke des untersuchten Materials durch die Geschwindigkeit, womit dieses in stehendem Wasser herabsank.*) In der folgenden Tabelle giebt die erste Spalte A diese Geschwindigkeiten an,

*) Proceedings of the royal Society of Edinburgh. Vol. III. Edinburgh 1857. pag. 475.

Digitized by Google

und die zweite B diejenige Geschwindigkeit, welche das Wasser mindestens haben mufs, um das Material in Bewegung zu setzen.

	A Zolle	B Zolle
Thon, der vor einer halben Stunde aus dem Wasser niedergeschlagen war	0,11	4
Flufssand	2	8
Seesand	2,5	13
runde Kiesel von der Gröfse einer Erbse	12	24
vegetabilische Erde mit Sand vernischt	—	10
Beim Herabsinken in stehendem Wasser trennte sich die letzte Masse. Die feine Erde sank mit der Geschwindigkeit	0,1	
der Sand dagegen mit	6,7	—

Wenn der zuerst untersuchte Thon in seinem compacten, etwas feuchten Zustande in die Rinne gebracht war, so wurde derselbe von dem mit der Geschwindigkeit von 25,1 Zoll während einer halben Stunde darüber strömenden Wasser gar nicht angegriffen.

Es mag noch erwähnt werden, dafs im Hafen Sunderland die Sandablagerungen durch den Spülstrom, der im Maximum die Geschwindigkeit von 6 Fufs hat, beseitigt werden. Auf der Barre vor Dünkirchen, wo der Sand wohl etwas feiner ist, bleibt die Geschwindigkeit des Stroms meist unter 4 Fufs, während in Havre und in Fécamp bei 6 Fufs schon faustgrofse Kiesel fortgespült werden. Uebereinstimmend mit dieser Thatsache werden auch am Rhein, oberhalb Strafsburg, bei einer ähnlichen Geschwindigkeit eben so grofse Steine fortwährend in Bewegung gesetzt, deren Rollen man deutlich hören kann. (Vergl. Theil II, § 21.)

In den vorstehend mitgetheilten Resultaten sind die Geschwindigkeiten an der Sohle nicht unmittelbar gemessen, vielmehr unter verschiedenen Voraussetzungen aus denen an der Oberfläche, oder aus den mittleren hergeleitet, oder letztere sind auch wohl unverändert dafür angenommen. Man darf nicht unbeachtet lassen, dafs es sich im vorliegenden Fall nicht um regelmäfsige Strombetten handelt, dafs also das früher entwickelte Gesetz über die Abnahme der Geschwindigkeit in der Tiefe hier nicht Geltung hat. Wenn aber, was meist der Fall ist, einzelne

Digitized by Google

höhere Rücken aus der Sohle vortreten, so ist wohl anzunehmen, dafs über diesen die verschiednen Wasserschichten ziemlich gleiche Geschwindigkeit haben, während zugleich starke innere Bewegungen nicht fehlen, welche die Wirkung noch verstärken.

Indem die Wirksamkeit des Stroms von seiner Stärke an derjenigen Stelle abhängt, wo die Vertiefung beabsichtigt wird, so ergiebt sich; wie bereits angedeutet worden, dafs mit der zunehmenden Vergröfserung des Profils, also mit der Erhöhung des Wasserstandes oder auch mit der zunehmenden Vertiefung, die Einwirkung auf den Grund sich vermindert und endlich ganz aufhört. Einen sehr überzeugenden Beweis dafür lieferte der Hafen von Dover, bevor der weit vortretende Hafendamm oder Pier, der ihn gegenwärtig vor Verflachungen schützt, zur Ausführung gekommen war. Die Kiesmassen, welche der Küstenstrom vor und in seine Mündung trieb, konnten bei gewöhnlichen Witterungs-Verhältnissen mittelst der Spülung soweit beseitigt werden, dafs die Schiffahrt nicht wesentlich dadurch behindert wurde. Wenn jedoch bei anhaltenden westlichen Winden die Wasserstände sowol bei der Fluth, als auch bei der Ebbe gehoben wurden, so zeigten sich die Spülungen fast ganz wirkungslos. Der Fluthwechsel, oder die Niveau-Differenz zwischen Hoch- und Niedrig-Wasser war alsdann dieselbe wie sonst, es flofs also aus den Spülbassins eine gleiche Wassermenge eben so schnell ab, aber der Wasserstand über den Kies-Ablagerungen hatte sich erhöht, daher das Querprofil der Rinne vergröfsert, und demnach verminderte sich die Geschwindigkeit.

Hiermit hängt eine andre Erfahrung zusammen, die man bei allen Spülungen vielfach gemacht hat. Wenn nämlich eine neue und kräftige Spülanlage zur Ausführung kommt, oder die Benutzung einer ältern wegen nothwendiger Reparaturen lange ausgesetzt werden mufste, und sonach in der Zwischenzeit sehr bedeutende Verflachungen eingetreten sind, so ist die Wirkung der ersten Spülung überraschend grofs, die Effecte der nächst folgenden vermindern sich aber sehr auffällig und bald hören sie ganz auf. Die Wirksamkeit der Spülung hat sonach eine ziemlich nahe liegende Grenze, die sich nicht überschreiten läfst, wenn man nicht etwa durch besondere Anordnungen den Spülstrom zu immer neuen Angriffen veranlafst. Nach Minard wurden einst in den sechs

Digitized by Google

Spülungen einer Springfluth nicht weniger als 100 000 Cubikmeter oder 22 000 Schachtruthen Sand aus dem Hafen von Calais und aus dessen Mündung entfernt. Bei den regelmäfsig wiederholten Spülungen stellen dieselben indessen nur eine bestimmte Tiefe dar, und es genügt daher, wenn man nur zur Zeit der Springfluthen davon Gebrauch macht, um das inzwischen abgelagerte Material zu beseitigen.

In einem besondern Fall läfst sich indessen die Verbesserung des Fahrwassers nach und nach viel weiter treiben. Wenn nämlich, wie oft geschieht, vor dem Kopf desjenigen Hafendamms, der vom Küstenstrom zunächst getroffen wird, die Ablagerung von Kies oder Sand in einer Zunge vortritt, die zum Theil die Mündung sperrt und von den Schiffen umfahren werden mufs, so folgt auch der Spülstrom der tiefen Fahrrinne und wendet sich gleichfalls vor dieser Zunge seitwärts. Nichts desto weniger greift er den innern Rand derselben dennoch an, indem er von ihr abgelenkt wird. Dieser Angriff ist zwar nur mäfsig, aber dieselbe Wirkung wird bei fortgesetzten Spülungen immer auf's Neue wiederholt und weiter ausgedehnt, bis endlich die Zunge durchbrochen ist, und nunmehr eine passendere Rinne sich eröffnet. Minard erwähnt, dafs man in dieser Weise die Fahrwasser vor Dieppe und Fécamp in gerader Richtung herausgeführt und dadurch wesentlich verbessert habe. Besonders günstige Erfolge sind in gleicher Art mit Hülfe beweglicher Leitdämme bei Dünkirchen in neuster Zeit erreicht worden.

Wenn man solche Verbesserungen herbeiführen will, die nicht während einer Periode der Springfluth zu erreichen sind, so unterbricht man dennoch die Spülung bei gewöhnlichen und noch mehr bei todten Fluthen, da die Effecte alsdann gar zu unbedeutend werden, weil theils der Fluthwechsel geringer wird, und in gleichem Maafse auch die ausfliefsende Wassermenge sich vermindert, theils aber auch, weil nach der Ebbe ein zu hoher Wasserstand zurückbleibt, der gleichfalls die Kraft des Spülstroms schwächt.

Gemeinhin wird an jedem Tage während der Springfluthen nur eine Spülung ausgeführt, weil dabei manche Vorkehrungen getroffen werden müssen, die man nicht übereilen mag. Dazu kommt auch noch, dafs das eine Niedrig-Wasser oft in der Nacht oder während der Dunkelheit eintritt. Eine Spülung ist

Digitized by Google

alsdann aber nicht mehr ausführbar, weil solche für die im Hafen liegenden Schiffe und für kleinere Fahrzeuge, die vielleicht gerade einkommen, gar zu gefährlich sein würde. Man beginnt gewöhnlich mit dem Spülen am Tage des Voll- oder Neumondes, also in einer Zeit, wo der Fluthwechsel noch nicht die volle Gröfse erreicht hat, und fährt damit sechs Tage nach einander fort. Wenn dagegen die Hafenzeit nahe auf 12 Uhr fällt, wie auf der östlichen Seite des Canals von Calais bis Ostende, so lassen sich fast immer an demselben Tage zwei Spülungeu, nämlich eine Morgens, und die andre Abends gegen 6 Uhr vornehmen, und man hat dabei den Gewinn, dafs man die stärksten Fluthwechsel vollständiger benutzt. Man beschränkt aber in diesem Fall die Anzahl der Spülungen wieder auf sechs, weil hierdurch die erreichbaren Wirkungen schon dargestellt werden, und sonach die weitere Wiederholung keinen Erfolg haben könnte.

In Betreff der Vertiefung der Hafenmündung wäre noch zu erwähnen, dafs ein heftiger Wellenschlag, besonders wenn er dem Spülstrom gerade entgegen gekehrt ist, denselben wesentlich schwächt, und zuweilen seine Wirksamkeit ganz aufhebt. Die Spülung ist daher bei ruhiger See am erfolgreichsten. Von nachtheiligem Einfluss ist auch eine heftige Küstenströmung, die den Spülstrom zwar nicht schwächt, wohl aber eine andre Richtung ihm mittheilt, so dafs er sich nicht der Hafenmündung entsprechend der offnen See zuwendet, vielmehr sich krümmt, und in dieser Richtung auch das Fahrwasser ausbildet. Um diesen Uebelständen möglichst zu begegnen, hat man vielfach und namentlich in den Französischen Häfen am Canal niedrige Hafendämme zur Ausführung gebracht, die nur über das niedrige Wasser vortreten. Sie haben allein den Zweck, den Spülstrom zusammen zu halten, und dessen Einwirkung auf das Fahrwasser zu verstärken. Bei steigender Fluth gehn sowol die Wellen, als auch die Küstenströmung über sie fort. Es ist nicht anzunehmen, dafs sie auf die Ausbildung und das weitere Vortreten des Strandes, oder der Uferlinie zur Zeit des niedrigsten Wassers weniger nachtheilig einwirken, als höhere Hafendämme dieses thun, aber jedenfalls sind sie mit viel geringern Kosten, als diese darzustellen, und wenn bei höherm Wasser Sand oder Kies hineintreibt, so läfst sich dieser durch den Spülstrom in gleicher Weise

Digitized by Google

entfernen, als wenn die Dämme die höchsten Fluthen überragten. Es ist schon früher erwähnt worden, dafs solche niedrigen Dämme, die vom Hochwasser vollständig überdeckt werden, entweder überbrückt oder in andrer Weise kenntlich bezeichnet werden müssen, damit die einkommenden Schiffe nicht auf sie auflaufen.

Wenn auch der Hafen-Canal, soweit er durch hohe oder niedrige Dämme eingeschlossen ist, bis an deren Köpfe und sogar noch etwas über diese hinaus durch Spülung offen erhalten werden kann, so läfst sich doch hierdurch allein ein hinreichend tiefes Fahrwasser bis zur offnen See nicht immer erhalten. Verlängert man die Hafendämme soweit, dafs sie bis über die erforderliche Tiefe hinaus sich erstrecken, so ist in der ersten Zeit freilich der Uebelstand gehoben. Wenn aber der Strand nach und nach den Hafendämmen folgt, und endlich ihre Köpfe erreicht, indem der vom Küstenstrom und von den Wellen herbeigeführte Kies und Sand in ihrem Schutz sich ablagert, aufserdem aber noch bei jeder Spülung einige hundert Schachtruthen desselben Materials aus dem Hafen wieder hinausgetrieben werden, so darf man wohl nicht annehmen, dafs auf diese Art der Zugang zum Hafen dauernd gesichert werden kann. Die Wirksamkeit der Spülungen läfst sich indessen durch sorgfältige Behandlung der betreffenden Anlagen, und noch mehr durch Erweiterung der Spülvorrichtungen oft wesentlich verstärken.

Als die Eisenbahnen von Paris nach Calais und Boulogne erbaut waren, und die darauf ankommenden oder abgehenden Züge an Dampfböte angeschlossen werden mussten, welche ohne Aufenthalt, also unabhängig von Fluth und Ebbe, die Verbindung mit Dover und Folkestone darstellen sollten, entstand die Frage, in welcher Weise man diesen Häfen, die zur Zeit des niedrigen Wassers kaum mit Böten befahren werden konnten, die nöthige Tiefe geben solle. Eine gemischte Commission sprach sich sogleich für die Verlängerung der Hafendämme aus, doch wurde Seitens der betreffenden Hafen-Ingenieure diesem Vorschlage auf das Bestimmteste widersprochen, und aus den früheren Erfahrungen der Nachweis geführt, dafs bei jeder solchen Verlängerung auch der Strand eben so weit vorgeschoben, also das Uebel nur auf kurze Zeit beseitigt, aber keineswegs gehoben sei. Dagegen wurde darauf hingewiesen, dafs die Spülvorrichtungen noch wesentlicher Ver-

Digitized by Google

besserungen fähig wären, und die Wirksamkeit derselben durch sorgsame und öftere Benutzung sich bedeutend verstärken lasse. Endlich wurde noch bemerkt, dafs wenn es gelänge, den Sand und Kies durch die Spülung einige hundert Meter weit vor die Hafenköpfe zu treiben, die Ablagerungen alsdann durch die starke Küsten-Strömung bei westlichen Winden fortgeführt werden würden, so dafs man in dieser Weise einen dauernden Erfolg erwarten dürfe, ohne den Hafen-Canal noch weiter zu verlängern und dadurch die Wirkung der Spülung zu schwächen. Diesen Ansichten schlofs sich die obere technische Behörde in Paris an und der Erfolg hat dieselben bisher bestätigt. In kurzer Zeit waren Tiefen dargestellt, welche die früheren weit übertrafen, und dem beabsichtigten Zweck, wenn auch nicht vollständig, doch nahe entsprachen. Nur in den Stunden des Niedrig-Wassers zur Zeit der Springfluthen können die 7 bis 8 Fufs tief gehenden Dampfböte nicht aus- und einlaufen. Die Hemmung tritt also nur selten ein und ist von so kurzer Dauer, dafs sie den Verkehr nicht wesentlich beeinträchtigt.

Schliefslich wäre noch einer eigenthümlichen Spülvorrichtung zu erwähnen, die nur einen sehr beschränkten Zweck hat und allein dazu dient, die starken Ablagerungen an solchen Stellen, wo Schiffe anlegen, zu beseitigen. Es dienen hierzu offne Gräben oder andre Bassins an der innern Seite der Kaimauer, die mittelst überwölbter Canäle mit dem äufsern Wasser, das dem Fluthwechsel unterworfen ist, in Verbindung stehn. Diese Canäle werden durch Schütze geschlossen, bis die Ebbe beinahe aufhört, alsdann läfst man das Wasser hindurchtreten, und um die Wirksamkeit der Strömung möglichst auf die ganze Länge der Anlegestelle auszudehnen, spaltet sich noch jeder Canal in vier bis sechs Arme, und jeder derselben tritt durch eine Oeffnung von etwa 2 Fufs Breite und 6 Zoll Höhe dicht über der beabsichtigten Sohlenhöhe des äufsern Wassers aus. Die einzelnen Canäle werden etwa in 40 Fufs Abstand von einander gelegt, und indem sie wegen ihrer geringen Dimensionen nur wenig Wasser abführen, auch sobald es nöthig ist, sogleich geschlossen werden können, so darf man ohne Nachtheil sie auch aus den dahinter belegenen Docks oder Flotthäfen speisen. Vor den Liverpooler Docks sieht man mehrfach diese Anordnung,

Digitized by Google

namentlich an den Stellen, wo die Dampfböte liegen, die nach Birkenhead und andern Orten gehn. Diese Anlagen stimmen mit derjenigen überein, welche zur Beseitigung der Ablagerungen vor dem Coburg-Dock dienen, die im II. Theil dieses Handbuchs § 72 beschrieben und in Fig. 346 auf Taf. IL. dargestellt sind.

§ 44.
Spül-Bassins.

Unter den Anlagen zur Spülung eines Hafens ist das Spül-Bassin besonders wichtig, weil von der Gröfse und der Lage desselben der Effect vorzugsweise abhängt. Es kommt darauf an, dafs zur Zeit des Hochwassers eine sehr grosse Wassermenge abgefangen und in der möglichst kürzesten Zeit beim Eintritt des niedrigsten Wasserstandes in den Hafen gestürzt wird. Das Bassin mufs also an sich eine bedeutende Ausdehnung haben, das Wasser mufs darin, wenn die Ebbe aufhört, hoch über dem Niveau des Hafens stehn, es mufs also ein starker Fluthwechsel stattfinden, und endlich müssen in den Spülschleusen sehr weite Oeffnungen plötzlich frei werden, durch welche das Wasser sich in den Vorhafen oder in den Hafen-Canal ergiefsen kann.

Um die Dimensionen solcher Anlagen an einigen Beispielen zu zeigen, wird die nachstehende Tabelle dienen, die Minard mittheilt, deren Angaben jedoch auf unsre Maafse übertragen sind. Die darin bezeichneten Niveau-Differenzen zwischen dem Vorhafen und dem im Spülbassin aufgefangenen Wasser sind im Allgemeinen geringer, als die in § 7 mitgetheilten Fluthwechsel bei gewöhnlichen Springfluthen. Die Abweichungen scheinen zum Theil davon herzurühren, dafs die Bassins wegen ihrer grofsen Ausdehnung sich nicht bis zur vollen Höhe des Hochwassers füllen, oder dafs vielleicht wegen der Untiefen im Vorhafen das Wasser darin nicht bis zum niedrigsten Niveau des Meers herabsinkt.

Was die Weiten der Spülschleusen betrifft, so sind nachstehend die Oeffnungen zwischen den beiderseitigen Mauern angegeben, es ist also davon noch die Stärke der Spülthore in Abzug zu bringen, und aufserdem ist auch darauf Rücksicht zu nehmen, dafs diese Thore sich etwas schräge stellen und dadurch die wirklichen Durchflufs-Oeffnungen noch mehr verengen.

Digitized by Google

	Gröfse der Spül-Bassins Morgen	Abstand der Schleuse von der Hafen-mündung Ruthen	Anzahl der Oeffnungen	Gesammt-Weite der Oeff-nungen Fufs	Anfäng-liche Niveau-Differenz Fufs
Ostende, erstes Bassin.	110	370	2	38	15,4
Ostende, zweites Bassin	195	370	4	73	15,4
Dünkirchen	120	290	6	65	15,9
Gravelines	60	960	1	19	17,2
Calais	160	220	4	43	18,5
Dover	25	80	4	21	15,9
Boulogne	235	460	1	19	26,0
Tréport	62	140	2	45	15,0
Dieppe	133	270	3	43	23,9
St. Valery-en-Caux .	23	180	2	37	—
Fécamp	110	110	2	32	15,7
le Havre	31	100	2	37	21,4

Das Verhältnifs zwischen der Gröfse des Spül-Bassins und der Gesammt-Weite der Durchflufs-Oeffnungen stellt sich hiernach sehr verschieden heraus, indem auf 10 Morgen bei Boulogne nur etwa 10 Zoll, bei St. Valery dagegen mehr als 16 Fufs Schleusenweite treffen. Im Allgemeinen sind die Ausflufsöffnungen verhältnifsmäfsig um so gröfser, je kleiner das Spülbassin ist, und dieses rechfertigt sich dadurch, dafs geringe Wassermassen nur wirken können, wenn sie möglichst schnell durch die Hafenmündung strömen.

Wenn auch gewifs nicht angenommen werden darf, dafs man bei der Anlage dieser Spülvorrichtungen immer von gleichen Grundsätzen ausgegangen sei und jedesmal das richtige Verhältnifs getroffen habe, so versuchte ich dennoch, aus diesen Mittheilungen die Beziehung zwischen der Gröfse des Spülbassins *(F)* und der Weite *(B)* der Spülschleusen herzuleiten. Ich wählte die Form

$$B = x\ F^{\,y}$$

und fand als wahrscheinlichste, etwas abgerundete Werthe für x und y, und zwar, wenn B in Fufsen und F in Morgen ausgedrückt wird,

Digitized by Google

$$B = 18 \sqrt[6]{F}$$

und wenn B in Metern und F in Hektaren gegeben ist,

$$B = 7 \sqrt[6]{F}.$$

Da es vielleicht befremden dürfte, dafs nur die Weite, nicht aber die Höhe der Ausströmungs-Oeffnung berücksichtigt ist, so mufs noch darauf aufmerksam gemacht werden, dafs aus dem Spülbassin nur dasjenige Wasser abfliefst, welches über dem äufsern Niedrig-Wasser sich befindet, und man daher dem Bassin nie eine gröfsere Tiefe giebt. Auch die Schwelle der Schleuse darf nicht tiefer liegen, weil sie sonst bei der Einströmung durch Ablagerungen überdeckt werden würde. Sie hat daher jedesmal die Höhe des Niedrig-Wassers bei Springfluthen und sonach bleibt nur der Fluthwechsel zu berücksichtigen, der in den benannten Häfen meist nahe gleiche Gröfse hat.

Bei Bestimmung der Schleusenweite für ein Spülbassin von gegebener Ausdehnung, wovon die Stärke der Strömung abhängt, ist auch die Beschaffenheit des Materials zu berücksichtigen, welches fortgetrieben werden soll. Je gröber und schwerer dasselbe ist, um so stärker mufs der Strom sein, weil es bei geringer Geschwindigkeit des Wassers nicht in Bewegung gesetzt wird. Besteht dasselbe dagegen aus Thon oder sehr feinem Sande, so will man bemerkt haben, dafs solcher von einer gleichen darüber fliefsenden Wassermasse mehr angegriffen wird, wenn diese längere Zeit hindurch, also mit geringerer Geschwindigkeit darüber abfliefst.

Die Umgebungen eines Hafens sind in der Regel durch verschiedne commercielle oder industrielle Anlagen, so wie auch oft durch fortificatorische Werke so vollständig in Anspruch genommen, dafs wenn es sich um eine neue Spül-Anlage handelt, man derselben keineswegs die passendste Stelle und Gröfse geben kann, vielmehr gezwungen ist, die Gelegenheit, die sich für solchen Zweck noch darbietet, so vortheilhaft zu benutzen, wie es irgend möglich ist. Man wird daher nicht leicht ein Spül-Bassin anlegen können, welches den Bedingungen vollständig entspricht, diese Bedingungen sind aber, dafs es sich unmittelbar neben dem Vorhafen und zwar möglichst nahe an seiner Mündung und an solcher Stelle befindet, von wo der Spülstrom direct gegen

Digitized by Google

diese Mündung gerichtet werden kann. Das Bassin sollte auch unbeschadet seiner Ausdehnung solche Form haben, dafs die Wege, welche das Wasser zurückzulegen hat, um nach der Schleuse zu gelangen, möglichst kurz bleiben. Ein halbkreisförmiges Bassin, bei dem die Schleuse im Mittelpunkt liegt, würde dieser letzten Bedingung am vollständigsten entsprechen.

Indem die Spül-Bassins mit Ausnahme der nächsten Umgebungen der Schleuse einer starken Durchströmung nicht ausgesetzt sind, aufserdem auch ihre Ausdehnung nicht so grofs zu sein pflegt, dafs ein heftiger Wellenschlag sich darin bilden kann, während die durch den Hafen aus der See eintretenden Wellen beim Durchgange durch die Schleusen sich schon sehr mäfsigen, so ist eine besondere Befestigung der Ufer meist entbehrlich. Eine solche ist auch nur selten zur Ausführung gebracht, wenn nicht etwa das Spül-Bassin zugleich als Liegeplatz für Schiffe benutzt wird, und zu diesem Zweck die Ufer so steil gehalten werden, dafs die Schiffe unmittelbar daran anlegen können. Nichts desto weniger kann bei ganz freier und ungeschützter Lage des Bassins der Wellenschlag die Ufer dennoch angreifen, besonders wenn diese nur aus sehr lockerm Boden bestehn, und in solchem Fall geschieht es allerdings zuweilen, dafs die Ufer an den Stellen, wo sie dem stärksten Angriff ausgesetzt sind, durch solide Deckungen geschützt werden. Dieses ist in dem neuen oder dritten Spül-Bassin in Ostende geschehn, das auf der östlichen Seite des Hafens auf dem bisherigen flachen Strande eingerichtet ist. Eine niedrige Pfahlreihe umgiebt die Ufer, und die etwa 3 Fufs weiten freien Zwischenräume zwischen den Pfählen sind durch zwei hochkantig dahinter gelegte Bohlen geschlossen. Gegen diese lehnt sich eine Ziegelböschung, die auf einer Unterlage von Kies ruht.

Die Ufer des Bassins in der Nähe der Schleuse pflegen jedoch einem heftigen Angriff ausgesetzt zu sein, wenn sie auch von der Strömung nicht unmittelbar getroffen werden. Besonders geschieht dieses, wenn neben der Schleuse das Bassin sich sogleich stark erweitert. Der hindurch gehende Strom reifst alsdann das daneben stehende Wasser mit sich fort, und es bilden sich heftige Wirbel, welche vor den Ufern grofse Tiefen erzeugen. Deckungen sind hier oft nothwendig, aber im Allgemeinen bemüht man sich

Digitized by Google

immer, solche plötzliche Profil-Erweiterungen zu vermeiden und vielmehr einen Canal darzustellen, der allmählich sich zur vollen Breite des Bassins erweitert.

Wenn das bei der Fluth eintretende Wasser Sand oder erdige Theilchen mit sich führt, so schlagen diese in dem Bassin nieder, und letzteres verliert dadurch nach und nach seine Tiefe. Besonders geschieht dieses, wenn ausgedehnte Wattgründe vor dem Hafen liegen, von denen erdige Theilchen sich lösen, die alsdann im Wasser schwebend durch den Fluthstrom fortgeführt werden. Indem diese beim Aufhören der Bewegung im Spül-Bassin zu Boden sinken, so verwandelt sich letzteres, wenn es auch ursprünglich eine gröfsere Tiefe hatte, im Laufe der Zeit in einen Sumpf, der freilich beim Hochwasser vollständig überfluthet wird, durch den aber bei kleinem Wasser nur einzelne tiefere Rillen sich hindurchziehn. Augenscheinlich wird hierdurch die Wirksamkeit der Spülung wesentlich geschwächt, insofern die aufgefangene Wassermasse sich verringert. Man ist daher vielfach gezwungen, von Zeit zu Zeit die ursprüngliche Tiefe durch Aufgraben wieder herzustellen. Wenn dieses aber nicht geschieht, so wird die Verflachung bei zunehmender Erhöhung des Bodens immer geringer, und dieses nicht nur insofern die darüber tretende Wasserschicht, und mit derselben die hineingeführte Menge der erdigen Theilchen sich vermindert, sondern vorzugsweise auch, weil im Beginn der Fluth, wo die Watte dem stärksten Angriff ausgesetzt sind, das flache Spül-Bassin sich noch nicht füllt und das später eintretende Wasser schon reiner ist. Wenn in dieser Weise auch kein vollständiger Beharrungsstand eintritt, so sind dennoch zuweilen die Aenderungen so geringe, dafs sie in langer Zeit nicht bemerkbar werden. Die Aufschlickung des Spül-Bassins kann indessen noch insofern nachtheilig werden, als dasselbe auf den Gesundheitszustand der Umwohner einen schädlichen Einfluſs ausübt. Man wird wenigstens darauf Bedacht nehmen müssen, dafs bei grofser Hitze, wenn auch Spülungen nicht statt finden, das Bassin nicht trocken wird, sondern mit Fluthwasser gefüllt bleibt.

Die erwähnten Niederschläge aus dem eintretenden Fluthwasser können auch dadurch nachtheilig werden, dafs sie nicht in dem Spül-Bassin, sondern schon in dem Vorhafen erfolgen. Hat letzterer bis zur Spülschleuse dieselbe Breite, wie die Hafen-

Digitized by Google

mündung, oder bildet er in seinem äufsern Theil einen schmalen Hafen-Canal, so ist die Verflachung daselbst weniger zu besorgen, weil das Fluthwasser darin nicht zur Ruhe kommt, sondern mit derselben Geschwindigkeit, mit der es eingetreten ist, bis zur Spülschleuse geführt wird. Anders verhält es sich jedoch bei einem Bassin-Hafen, der im Innern eine gröfsere Weite, als in seiner Mündung hat. In solchem vermindert sich wesentlich die Strömung, und die hineingeführten erdigen Theilchen bleiben grofsentheils darin liegen, während das in das Spül-Bassin tretende Wasser schon mehr gereinigt ist. Durch die Spülung müssen alsdann auch diese Verflachungen beseitigt werden. Die Erfolge können sich alsdann so geringfügig herausstellen, dafs es zweifelhaft wird, ob die Tiefe im Hafen sich nicht durch Baggerung allein, die in solchem Fall doch nie ganz zu umgehn ist, besser erhalten liefse, und die vollständige Beseitigung der Spülung sogar vortheilhaft sein möchte. Man kann den erwähnten Uebelstand in vielen Fällen umgehn, wenn man das Spül-Bassin nicht durch den Hafen, sondern durch besondere Einlafsschleusen unmittelbar aus der See füllt. Ein Project dieser Art wurde bei der beabsichtigten Verbesserung des Hafens von Cuxhaven in Aussicht genommen, woselbst man die sehr starken und nicht zu beseitigenden Verflachungen des Vorhafens gewifs mit Recht zum Theil den Niederschlägen zuschreibt, welche das in das Spül-Bassin tretende Fluthwasser bei seinem Durchgange durch den Hafen in diesem veranlafst.

Zuweilen werden die Ufer des Spül-Bassins als Lagerplätze für Holz und andre Güter benutzt, oder es entstehn daselbst industrielle Etablissements. Alsdann mufs dafür gesorgt werden, dafs die Schiffe zur Anfuhr des rohen Materials oder zur Abfuhr der fertigen Fabrikate dahin gelangen können. Ohne den eigentlichen Zweck des Spül-Bassins zu beeinträchtigen, kann man in demselben nicht dauernd einen so hohen Wasserstand erhalten, dafs die Schiffe stets schwimmen ohne den Grund zu berühren, aber es ist oft schon ein grofser Gewinn, wenn auch nur flache Fahrzeuge hineinkommen können, welche bei der Ebbe sich auf den Grund aufsetzen. Man pflegt alsdann dafür zu sorgen, dafs diese Liegeplätze möglichst horizontal und eben, und von Steinen frei sind, damit der Boden des Schiffs beim Abfallen

Digitized by Google

des Wassers gleichmäfsig in das weiche Erdreich eindringt, bis er den hinreichenden Gegendruck erfährt. Wenn eine solche Ausgleichung vorgenommen ist, so pflegt dieselbe sich lange Zeit hindurch zu erhalten, weil weder heftige Strömung, noch auch eine sonstige äufsere Veranlassung eine Aenderung verursacht. Es mufs in diesem Fall aber noch für einen bequemen Zugang zum Bassin gesorgt werden. Die gewöhnlichen Spülschleusen sind hierzu nicht brauchbar, weil theils die Drehungs-Achse des Thors die Oeffnung sperrt, theils aber auch das Rahmstück, in welchem das Halsband für den obern Zapfen dieser Achse angebracht ist, zur Sicherung der ganzen Construction nicht zu hoch, vielmehr nur wenig über dem Hochwasser der Springfluthen liegen darf. Man pflegt daher zwischen, oder zur Seite der Spülschleusen noch eine gewöhnliche Kammerschleuse zu erbauen, und damit dieselbe gleichfalls als Spülschleuse benutzt werden kann, so bestehn die Stemmthore des einen Hauptes entweder in ihrer ganzen Höhe, oder wenigstens in den untern Theilen nur aus einfachen Rahmen, die jedesmal einen freien Raum offen lassen, der durch ein darin befindliches Spülthor geschlossen wird. Diese Anordnung ist bereits im zweiten Theil dieses Handbuchs § 74 beschrieben und in den zugehörigen Figuren 348 und 349 dargestellt. In der ersten dieser Figuren bemerkt man auch den mit einem Hebel versehenen sogenannten Königsstiel, der den längeren Flügel des Spülthors umfafst und geschlossen hält, bis man denselben löst und dadurch das Spülthor plötzlich öffnet.

Man hat zuweilen den Flotthafen oder das Dock, in welchem das Hochwasser dauernd zurückgehalten wird, zugleich als Spül-Bassin benutzt. Dafs die Spülung in diesem Fall nur in sehr beschränktem Maafse statt finden darf, damit die Schiffe sich nicht auf den Grund stellen, bedarf kaum der Erwähnung. Indem die gewöhnlichen Spülthore, wenn sie beim Hochwasser geöffnet sind, nicht wieder geschlossen werden können, vielmehr so lange offen bleiben, als noch Wasser abfliefst, so mufs man bei Benutzung des im Dock angesammelten Wassers eine andre Spülvorrichtung wählen, wodurch der Abflufs schon unterbrochen werden kann, ehe das Niveau sich soweit senkt, dafs die Schiffe den Grund berühren.

Jedes Dock mufs so tief ausgegraben sein, dafs die gröfsten Schiffe, für die es bestimmt ist, selbst beim kleinsten Hochwasser,

Digitized by Google

also bei dem der todten Fluthen, noch vollständig schwimmen. Wenn also zur Zeit der Springfluthen das Hochwasser auch nur etwa um zwei Fufs höher ansteigt, so könnte man diese obere Wasserschicht ohne Nachtheil zur Spülung des Vorhafens benutzen, und indem nach den bereits mitgetheilten Erfahrungen die Wirkungen des Spülstroms nur in der ersten Zeit, oder so lange das Wasser unter sehr starkem Druck ausströmt, von Bedeutung sind, und später beinahe ganz aufhören, so würde man in solchem Fall noch immer bedeutende Resultate erwarten können. Die Schwierigkeit besteht aber darin, dafs man eine heftige Strömung nicht plötzlich unterbrechen kann. Mechanische Vorrichtungen, wodurch man etwa ein Spülthor schnell schliefsen wollte, erweisen sich als ungenügend, wenigstens als unsicher und unzuverlässig, und gewifs darf man keinen starken Wasserdruck zu diesem Zweck in Anwendung bringen, weil das plötzlich zuschlagende Thor brechen würde. Durch Schütze kann man allerdings, wie auch in Ramsgate geschieht (§ 38), die Durchfluſs-Oeffnungen frei machen und sicher schliefsen, aber einerseits geschieht dieses sehr langsam, woher ein Theil der geringen disponiblen Wassermenge schon abgeflossen ist, bevor der Spülstrom in seiner vollen Stärke sich entwickelt, und andrerseits darf ein Schütz auch nicht zu breit sein, weil es sonst unter dem starken Druck nicht mehr zu bewegen sein würde. Es lassen sich sonach in dieser Art nur kleine Oeffnungen benutzen, die aber den erforderlichen kräftigen Strom nicht darstellen. Nichts desto weniger werden in Birkenhead nach dem 1843 von Rendel entworfenen Plan die zwanzig Spülöffnungen von je 5 Fufs 2 Zoll Weite durch Schütze geschlossen, die durch Wasserdruck zu heben sind. Der Sicherheit wegen befinden sich davor aber noch andre Schütze, die man benutzen kann, sobald die ersten brechen. Gewöhnliche Spülthore konnten hier nicht angewendet werden, weil das Wasser aus dem Flotthafen oder Dock entnommen wird, dessen Spiegel nur 2 bis 3 Fufs gesenkt werden darf.

Von andern Einrichtungen der Thore, die bei starker Durchströmung sich schliefsen, ist bereits früher (im zweiten Theil dieses Handbuchs § 74) die Rede gewesen. Dieselben sind jedoch von zweifelhaftem Erfolg und haben für diesen Zweck sich noch nicht bewährt. Die Fächerthore, die an der Schleuse des

Digitized by Google

älteren Docks bei Bremerhaven angewendet sind, sind bereits Theil II § 74 ausführlich beschrieben, und zugleich mitgetheilt, mit welcher grofsen Vorsicht sie behandelt werden müssen, während man sie nur wirken läfst, wenn im Vorhafen noch ein hoher Wasserstand statt findet. Die Spülung mufs hier schon vorgenommen werden, sobald sich eine Niveau-Differenz von etwa 3 Fufs dargestellt hat. Alsdann ist aber theils die Ausflufs-Geschwindigkeit noch geringe und theils der Wasserstand im Vorhafen noch so hoch, dafs in beiden Beziehungen der Effect nur unbedeutend bleibt, und zeitweise Baggerungen nicht umgangen werden können. In den Niederlanden hat man sich von der Unbrauchbarkeit dieser Schleusen in neuerer Zeit überzeugt, und dieselben, wie es scheint, schon überall beseitigt, wo sie vor etwa 60 Jahren erbaut wurden.

Die Benutzung eines Flotthafens als Spül-Bassin ist noch in andrer Beziehung höchst bedenklich. Wenn nämlich bei der Spülung eine starke Wasserschicht abgelassen ist, so mufs diese bei der nächsten Fluth wieder ersetzt werden, und wenn ausgedehnte Wattgründe vor dem Hafen liegen, so wird das immer auf's Neue hinzugeführte Fluthwasser auch starke Verflachungen in dem Dock veranlassen, die man nur durch Baggern beseitigen kann. Das Verhältnifs wird hierdurch wesentlich ein andres, als wenn das Dock nur beim Eintritt des Hochwassers geöffnet wird. Es kann alsdann freilich auch nicht vermieden werden, dafs neues Wasser einströmt, sobald das Hochwasser eine gröfsere Höhe, als das vorhergehende erreicht, aber einerseits ist die hinzukommende Wassermenge viel geringer, als wenn das Niveau durch Spülung gesenkt war, und sodann tritt die Einströmung auch erst später ein, also zu einer Zeit, wenn die Fluthströmung schon beinahe aufgehört oder das Wasser sich schon mehr geklärt hat. Die Bagger-Arbeiten in einem Dock sind aber für den Schiffsverkehr höchst störend, weil der Raum meist beschränkt ist, und weil das Fortschaffen der Baggererde grofse Schwierigkeiten bietet, indem die gefüllten Prahme eben so wie andre Fahrzeuge nur zur Zeit des Hochwassers herausgebracht und wieder hineingelassen werden können. Dazu kommt noch, dafs es in vielen Docks verboten ist, auf Schiffen Feuer zu machen, und hiernach auch die Benutzung von Dampfbaggern zwischen denselben nicht gestattet werden kann.

Digitized by Google

§ 45.
Spülschleusen.

Die Spülschleusen halten in den dahinter liegenden Spül-Bassins das während der Fluth aufgefangene Wasser bis zum Eintritt des niedrigsten Wasserstandes zurück, und lassen alsdann dasselbe in möglichst kurzer Zeit in den Vorhafen ausfliefsen. Sie müssen deshalb so fest construirt sein, dafs sie nach Maafsgabe des Fluthwechsels bei Springfluthen einem Wasserdruck bis zu 20 Fufs, und zuweilen sogar einem noch gröfsern, sicher widerstehn. Sodann müssen sie mit weiten Oeffnungen versehn sein, die sich plötzlich freistellen lassen, durch welche alsdann das Wasser mit der vollen Geschwindigkeit, die der Druckhöhe entspricht, hindurchstürzt. Auch gegen die Wirkungen dieser reifsenden Strömung müssen sie gesichert sein. Vergleicht man demnach die Spülschleuse mit einer Schiffsschleuse, so ergiebt sich, dafs erstere theils wegen des höheren Wasserdrucks und theils wegen des starken hindurchgehenden Stroms einem viel gröfsern Angriff ausgesetzt ist, und daher mit besonderer Vorsicht ausgeführt sein mufs. Die Erfahrung ergiebt in der That, dafs die Spülschleusen zu denjenigen Bauwerken gehören, welche am häufigsten beschädigt und nicht selten vollständig zerstört werden.

Was die Anordnung der Spülschleusen betrifft, so ist dieselbe, wenn zunächst von den Vorrichtungen zum Schliefsen und Oeffnen der Durchflufs-Oeffnungen abgesehn wird, höchst einfach. Ein Boden mit den Seitenmauern und gemeinhin noch mit einigen Mittelpfeilern, welche die einzelnen Durchflufs-Oeffnungen von einander trennen, bildet das ganze Bauwerk. Die Ausführung desselben wird insofern erleichtert, als der Boden mit den Schwellen der Oeffnungen gewöhnlich in der Höhe des Niedrig-Wassers der Springfluthen und oft sogar noch darüber liegt. Eine grofse Länge ist auch nicht erforderlich, da es sich nur um die Aufstellung der Spülthore handelt, doch werden die Seitenmauern und Pfeiler gemeinhin noch benutzt, um zugleich eine Brücke darüber zu legen. Wenn aber die Schleuse so nahe an der Hafenmündung sich befindet, dafs sie vom starken Wellenschlage getroffen wird, so müssen die Spülthore auch gegen diesen gesichert, und die Mauern und Pfeiler entsprechend verlängert werden.

Digitized by Google

Ueber die Ausführung des Bodens und Mauerwerks ist hier wenig hinzuzufügen, indem aber vorzugsweise die Unterspülung des Bodens besorgt werden mufs, so ist dieser sorgfältig zu sichern. Holz-Constructionen, die sich gemeinhin schon mit Rücksicht auf den Bohrwurm verbieten, würden auch in Betreff der Unterspülung nicht passend sein. In neuerer Zeit wendet man allgemein eine starke Bétonbettung an, die in der eigentlichen Schleuse mit lagerhaften Bruchsteinen oder Werkstücken übermauert wird. Wenn indessen der Boden auch tief und sicher fundirt und wenigstens an beiden Enden mit dichten Spundwänden eingeschlossen ist, so bleibt noch immer zu besorgen, dafs er durch starke Auskolkungen auf der einen oder der andern Seite gefährdet wird. Namentlich auf der Hafenseite pflegen sich solche fast jedesmal und zwar in grofser Ausdehnung zu zeigen. Dieses darf auch nicht befremden, insofern der Sturz und die Geschwindigkeit des strömenden Wassers hier übermäfsig grofs ist. Auffallender ist es, dafs nicht selten auch in dem Spül-Bassin oder in dem Canal zwischen diesem und der Schleuse sich gleichfalls weite Vertiefungen bilden. Um diese wie jene für die Schleuse unschädlich zu machen, mufs letztere mit ausgedehntem Vorboden und Abschufsboden oder mit Sturzbetten an beiden Enden versehn werden. Diese dürfen aber wieder nicht in Holz ausgeführt werden, weil der Thon oder Kies, mit dem man den Bohlenboden unterfüllt, durch die heftige Strömung ausgewaschen und fortgespült wird. Die Anwendung des Bétons ist auch hier geboten. Minard empfiehlt, denselben wenigstens 6 Fufs hoch aufzubringen, und ihn vor wie hinter dem Schleusenboden auf 60 bis 100 Fufs weit auszudehnen. Zuweilen legt man über den Béton, soweit er das Sturzbette bildet, Querbalken, mauert die Zwischenräume aus und befestigt darauf einen Bohlenboden, um den Béton gegen den unmittelbaren Angriff des Stroms zu sichern. Sollten die Sturzbetten nicht die nöthige Ausdehnung haben und noch tiefe Auskolkungen davor sich zeigen, so müssen diese entweder mit Steinen verschüttet, oder mit Faschinen verfüllt und durch eine Lage grofser Steine überdeckt werden.

Endlich wäre noch daran zu erinnern, dafs man vor, wie hinter der Spülschleuse nicht gern eine plötzliche Erweiterung des Abfluſs-Profils eintreten läfst, weil dadurch unregelmäfsige

Digitized by Google

Bewegungen und Wirbel im Wasser veranlafst werden, die sowohl Auskolkungen verursachen, als auch einen grofsen Theil der lebendigen Kraft consumiren. Aus diesem Grunde ist es zweckmäfsig, noch Flügel an die beiderseitigen Mauern anzuschliefsen, zwischen denen die Zu- und Ableitungs-Canäle sich allmählich erweitern.

Um die Durchflufs-Oeffnungen zu schliefsen, wendet man zuweilen Schütze an, die zu jeder Zeit sich öffnen, wie auch schliefsen lassen. Dieselben sind jedoch, wie bereits § 44 erwähnt, in so fern nicht zu empfehlen, als ihre Bewegung schwierig ist und sich nicht schnell genug ausführen läfst.

Die gewöhnliche Vorrichtung zum Verschliefsen und Freistellen der Durchflufs-Oeffnungen in den Spülschleusen bildet das zweiflügelige Spülthor. Fig. 120 *A* zeigt ein solches in der vordern Ansicht, *B* im verticalen und *C* im horizontalen Durchschnitt. *a* ist die Wendesäule, um welche es sich dreht, und an den Enden der beiden Flügel befinden sich die beiden Schlagsäulen *e*, die jedoch in der Seitenansicht zum Theil durch die Drehpfosten *b* und *c* verdeckt werden. Von den mit einander fest verbundenen Flügeln ist der eine bedeutend länger, als der gegenüber stehende, das Thor hat demnach, wenn es auf einer Seite einem starken Wasserdruck ausgesetzt ist, die Tendenz, sich zu drehn, oder zu öffnen. Hieran wird es durch den Drehpfosten verhindert, gegen den die Schlagsäule des längern Flügels sich stützt. Die Drehpfosten *b* und *c*, welche Fig. 120 *D* und *E* besonders dargestellt sind, müssen wenigstens an einer Seite cylindrisch geformt sein, damit sie möglichst gut schliefsend in den Wende-Nischen sich drehn lassen. Die hier gezeichnete Anordnung derselben ist diejenige, welche in den Französischen Spülschleusen gewählt wird. Der Querschnitt des Pfostens ist nämlich ein Kreis mit einem Abschnitt, der nahe bis an den Mittelpunkt reicht. Bei der Stellung der Drehpfosten, die in Fig. 120 *C* angegeben ist, treten diese in die Durchflufs-Oeffnung vor, und lehnen sich an beide Schlagsäulen. Sobald man sie zurückdreht, so legen sie sich vollständig in die Wendenischen, und das Thor wird frei. Der Wasserdruck, den das Thor auf der Bassin-Seite erfährt, veranlafst eine starke Pressung gegen den Drehpfosten *b*. Letzterer mufs also mittelst des an seinem

Digitized by Google

obern Ende angebrachten kleinen Hebels, der durch einen Haken gefafst wird, in seiner Stellung zurückgehalten werden. Sobald man diesen Haken löst, so dreht schon der vom Wasser gegen den längern Flügel des Thors ausgeübte Druck den Drehpfosten so weit zurück, dafs die Schlagsäule hinreichenden Spielraum zum Ausweichen findet, und das ganze Thor stellt sich nahe in die Richtung des Stroms, wodurch die Oeffnung frei wird. Der Drehpfosten *c* auf der Seite des kürzern Flügels unterstützt nicht das Thor, weil dieses bei der eintretenden Drehung sich von ihm entfernt. Dennoch wird er bis zum Moment der Spülung an die betreffende Schlagsäule fest angelehnt, wie Fig. 120 *A* und *C* zeigen, um den Spielraum zwischen dem Thor und der Mauer möglichst zu schliefsen.

Nach dieser allgemeinen Darstellung der Anordnung der Wirksamkeit der gewöhnlichen Spülthore gehe ich zur Beschreibung der Einzelheiten derselben über.

Das in Fig. 120 dargestellte Thor, welches in Boulogne ausgeführt ist, gehört wohl zu den gröfsten, die überhaupt vorkommen, indem die lichte Weite der Schleuse 20 Fufs 9 Zoll mifst. Gewöhnlich ist diese Weite bedeutend geringer und beträgt meist nur 13 Fufs. Das Verhältnifs der Längen der beiden Flügel ist in diesem Beispiel wie 5 zu 9. Auch dieses ist ungewöhnlich, da sonst der Unterschied geringer zu sein pflegt. Häufig wählt man das Verhältnifs 5 zu 7, oder man vergrössert dieses bis auf 7 zu 8. Wenn aber Schütze in einem Flügel angebracht werden, so giebt man auch wohl beiden dieselbe Länge.

Die Thore werden verschiedenartig construirt. Bei dem in Rede stehenden Thor fehlt jede Verstrebung und jedes Zugband. Das Sacken wird also nur durch die Steifigkeit der Verbandstücke verhindert. Die Wendesäule nebst sieben andern Mittelstielen und den beiden Schlagsäulen sind oben und unten, und zwar zu beiden Seiten des Thors, durch starke, etwas gekrümmte Zangen mit einander verbunden, und zwischen diesen ist auf jeder Seite in der ganzen Höhe des Thors ein dichter Bohlenbelag aufgebracht. Der obere wie der untere Rahm des Thors besteht nicht nur aus den erwähnten etwas gekrümmten Zangen, sondern zwischen diesen liegen noch, wie Fig. *B* zeigt,

Digitized by Google

zwei Balken, welche die Wendesäule umfassen, und in welche die Stiele und Schlagsäulen verzapft sind. Diese vier Verbandstücke sind durch Schraubenbolzen verbunden. An beiden Seiten ist das Thor 12 Zoll, in der Mitte dagegen 21 Zoll stark. Es wird sonach die Durchflufs-Oeffnung durch das Thor nicht unbedeutend verengt.

Eine andre Zusammensetzung, welche mit der der gewöhnlichen Schleusenthore mehr übereinstimmt, ist Fig. 121 *A* in der Ansicht von der Hafenseite und *B* im verticalen Durchschnitt dargestellt. In die Wendesäule sind die beiden Rahmstücke so wie auch die Mittel-Riegel eingelassen und aufserdem greifen Streben mittelst Versatzung ein, welche zu beiden Seiten bis gegen die obern Enden der Schlagsäulen hinaufreichen. Ein einseitiger Bohlenbelag überdeckt das Ganze.

Wesentlich verschieden ist die Construction, welche Fig. 122 *A* in der Seiten-Ansicht und *B* in der Ansicht von oben zeigt, wobei statt des Bohlenbelags eine dichte Wand aus starken verticalen Stielen gebildet ist, die mit Federn und Nuthen in einander greifen. Dieselben sind durch verschiedne darüber gelegte, etwas gekrümmte schwache Zangen verbunden, welche jedesmal durch die Stiele hindurch mit einander verbolzt sind. Um das Sacken der Thorflügel zu verhindern, sind meist noch Zugbänder über die Riegel gezogen, wie die Seiten-Ansicht erkennen läfst.

Was die Befestigung der Thore betrifft, so kommt zunächst die Schwelle in Betracht, gegen welche ein möglichst dichter Schlufs stattfinden mufs. Dabei tritt der Uebelstand ein, dafs der längere Flügel in der Richtung des Wasserdrucks aufschlägt, also hier ein vortretender Anschlag, gegen welchen er lehnen könnte, sich nicht anbringen läfst. Beim kürzern Flügel ist dieses nicht der Fall, hier hindert also nichts, eine Erhöhung in der Schwelle darzustellen, gegen welche dieser Flügel sich lehnt. Auch neben dem längeren Flügel kann man eine solche anbringen, wie auch wirklich zuweilen geschieht, jedoch ist dieses nur an der Bassin-Seite möglich, so dafs das Thor durch das Wasser nicht dagegen gedrückt, sondern vielmehr davon entfernt wird. Es läfst sich sonach ein so sicherer Schlufs, wie bei gewöhnlichen Schleusenthoren, die vom Wasserdruck gegen die Schlagschwellen gepreſst werden, nicht darstellen.

Digitized by Google

Die hieraus entspringende Undichtigkeit ist indessen nicht von Bedeutung, insofern es nur darauf ankommt, den hohen Wasserstand während einiger Stunden zu erhalten. Der unvermeidliche Wasserverlust beeinträchtigt daher nicht merklich die Wirksamkeit der Spülung, und aus diesem Grunde unterläfst man es gemeinhin auch ganz, den erwähnten Anschlag vor den Flügeln darzustellen. Man giebt alsdann der Schwelle, wie Fig. 120 *B* zeigt, in ihrer obern Fläche eine flachcylindrische Krümmung, und sorgt dafür, dafs der freie Spielraum, der zur ungehinderten Bewegung nothwendig ist, sich auf das geringste noch darzustellende Maafs beschränkt. Eine sichere Verbindung des Thors, wodurch das Sacken verhindert wird, ist dabei aber dringend geboten.

Sollte das Thor mit der Zeit in Folge der unvermeidlichen Sackung nicht die leichte Beweglichkeit behalten, oder andrerseits der Spielraum zu grofs werden und merkliche Wasserverluste veranlassen, so mufs ein Abarbeiten des Thors oder eine Aenderung des untern Zapfens oder der Pfanne statt finden. Hierzu bietet sich immer die Gelegenheit, ohne dafs die Spülung deshalb behindert wird, da diese, wie erwähnt, nur zur Zeit der Springfluthen statt findet, und selbst alsdann auch ohne Nachtheil an einem Tage ausfallen darf.

Wenn die Schwelle mit keinem Anschlage versehn ist, so erreicht man noch den Vortheil, dafs das Thor auch eine entgegengesetzte Stellung annehmen kann. Man braucht es alsdann während der Füllung des Spülbassins, also wenn der eingehende Strom den längern Flügel trifft, nicht festzustellen. Dieser Strom dreht das Thor soweit, dafs der längere Flügel sich gegen das Spülbassin richtet. Wenn nunmehr der Wärter gegen das Ende der Fluth den Drehpfosten zur Seite des längern Flügels einstellt, so legt sich dieser Flügel beim Beginn der Ebbe schon von selbst dagegen und das Thor ist wieder in die Lage gekommen, welche es vor der Spülung einnehmen mufs. Dabei ist nur darauf zu achten, dafs nicht etwa das Thor über die Richtung der Schleusen-Achse hinaus sich dreht, weil sonst der längere Flügel auf die für den kürzern bestimmte Seite kommen, und hier gegen die Mauer schlagen würde, während gegenüber ein weiter Raum offen bleibt.

Digitized by Google

Um einen möglichst geringen Spielraum unter dem Thor darzustellen, pflegt man die Schwelle oftmals nicht massiv, sondern in Holz zu construiren. Die Balken, aus denen sie besteht, sind unter sich und gegen den massiven Boden verbolzt. Aufserdem greifen ihre Köpfe auch unter die Seitenmauern oder die Mittelpfeiler, und erhalten dadurch eine gesicherte Lage.

Um den untern Zapfen gegen Sand zu schützen und seine Beweglichkeit zu sichern, pflegt man, wie bei Schleusenthoren, ihn auf die Schwelle zu befestigen, und die Pfanne, in welche er eingreift, in die Wendesäule des Thors einzulassen.

Am obern Ende ist die Wendesäule jedesmal cylindrisch geformt, und wird hier durch ein Halsband umfafst, in welchem sie sich dreht. Eingelassene Schienen oder eine Verkleidung mit Blech verhindern die Abnutzung des Holzes. Gemeinhin führt eine Laufbrücke über die Spülschleuse und oft wird diese zur sichern Befestigung des Halsbandes benutzt, doch bedarf sie alsdann einer hinreichenden Verstrebung, damit nicht etwa durch den starken Wasserdruck gegen das Thor die Brückenbalken gebogen werden. Dabei ist auch zu beachten, dafs durch die Köpfe der beiden Drehpfosten, und zuweilen selbst durch den der Wendesäule, wenn dieser noch über das Halsband ausreicht, die Passage auf der Brücke erschwert wird. Man zieht es daher vor, die Laufbrücke seitwärts zu legen und für die Befestigung des Halsbandes in andrer Art zu sorgen. Am häufigsten geschieht dieses durch eine einfache horizontale Verstrebung, wie Fig. 123 zeigt. Man läfst in die Seitenmauern zwei kurze Schwellen ein, und auf diese wird zunächst in schräger Richtung ein starker Balken verkämmt und verbolzt, der das Halsband trägt. Auf der Seite des kürzern Flügels wird derselbe gegen den Druck des Halsbandes verstrebt, während auf der andern Seite noch eine zweite Strebe angebracht ist, die jedoch ihrer Richtung nach vorzugsweise nur zur Gewinnung der nöthigen Steifigkeit in der ganzen Verbindung dienen kann.

Man läfst zuweilen, und namentlich geschah dieses in früherer Zeit, den Kopf der Wendesäule hoch vortreten, und versah denselben mit den nöthigen Oeffnungen zum Einsetzen langer Hebel. Mittelst der letztern wird alsdann das Thor, wenn es beim vollen Hochwasser wieder geschlossen werden soll, in die

Digitized by Google

passende Stellung gebracht. Gegenwärtig pflegt man dagegen an den Kopf der Schlagsäule des längern Flügels Taue zu befestigen, die bei *a* und *b* über Rollen laufen, und auf der andern Seite der Schleuse bei *c* in entgegengesetzter Richtung über eine Erdwinde geschlungen sind. Hierdurch wird derselbe Zweck, ohne die Verbindung des Thors zu sehr anzugreifen, vollständiger erreicht. Zuweilen bringt man auch auf beiden Seiten der Schleuse Winden an, die zugleich dazu dienen sollen, das Thor während der starken Ausströmung des Spülstroms parallel zu den Seitenmauern zu stellen.

Den Drehpfosten, der den längern Flügel stützt, pflegte man in früherer Zeit aus einem besonders hochkantigen Balken auszuarbeiten, so dafs der Querschnitt desselben die in Fig. 124 dargestellte Form hatte. Beim Zurückschlagen legte er sich vollständig in die Mauernische. Derselbe erfüllte sonach gleichfalls seinen Zweck, doch verdient der kreisförmige Querschnitt mit dem darin angebrachten Abschnitt wohl den Vorzug, in sofern ein solcher Pfosten, während er das Thor unterstützt, sich fest an die Wendenische lehnt, und sonach der Druck nicht allein den Zapfen und das Halsband trifft. Aufserdem wird im letzten Fall auch das sehr starke Holz entbehrlich.

Die Einrichtung dieser letzten Drehpfosten ergiebt sich mit hinreichender Deutlichkeit aus Fig. 120 *C* und *D*. Der gufseiserne Schuh mit dem abwärts gekehrten Zapfen am untern Ende des Drehpfostens ist Fig. 125 *B* in der Ansicht von oben und *A* im verticalen Durchschnitt dargestellt. Die Befestigung erfolgt durch einige seitwärts eingelassene starke Holzschrauben. Am obern Ende wird der Drehpfosten wie die Wendesäule eines Schleusenthors (Fig. 120. *D* u. *E*) von einem Halsbande umfafst. Darüber ist er aber noch mit einem etwa 5 Fufs langen eisernen oder hölzernen Hebel versehn, und damit dieser den Kopf des Pfostens nicht spaltet, so wird auf den letztern ein starker eiserner Ring aufgetrieben, an welchen seitwärts noch zwei Stützen befestigt sind, die bis an das Ende des Hebels reichen. Hier befindet sich ein Bolzen, in welchen ein wenig gekrümmter Haken eingreift, der sich leicht lösen läfst. Damit die Auslösung schnell und sicher erfolgt, so bildet der erwähnte Haken gemeinhin den kurzen Arm eines zweiten Hebels, und es bedarf daher am Ende

Digitized by Google

des langen Arms dieses letztern nur einer mäfsigen Kraft, um den Haken zurückzuziehn und dadurch das Thor zu öffnen. Dieser längere Arm wird aber angeschlossen, damit nicht etwa durch Vorübergehende der Haken gelöst werde. Wenn die Spülung erfolgen soll, so wird jedesmal zuerst der Drehpfosten an der Seite des kürzern Thorflügels in die Wendenische gedreht, damit an dieser Stelle keine Verengung des Durchflufsprofils statt findet.

Zuweilen werden zwei Spülthore, welche in ihrer ganzen Anordnung mit den so eben beschriebenen übereinstimmen, neben einander gestellt, um eine weitere Oeffnung zu schliefsen. Fig. 126 zeigt diese Anordnung. Die Thore werden alsdann so gestellt, dafs die kürzern Flügel nach aufsen und die längern nach der Mitte der Oeffnung gerichtet sind. Die letztern berühren sich nicht, sondern lehnen sich an einen gemeinschaftlichen Drehpfosten, der einen solchen Querschnitt hat, dafs er in der Stellung, welche die Figur zeigt, beide Thore zurückhält. Sobald er aber um einen Quadrant gedreht wird, wobei er mit seiner geringeren Breite sich zwischen die Thore stellt, läfst er hinreichenden Raum zur Bewegung derselben, und beide schlagen gleichzeitig auf. Man bemerkt, dafs die Drehung des Pfostens in diesem Fall nicht von selbst erfolgen kann, wie bei dem einfachen Thor, weil er auf beiden Seiten dem gleichen Druck der längern Flügel beider Thore ausgesetzt ist. Man mufs daher den Drehpfosten mit einem längern Hebel *a* versehn, der seinen Kopf umfafst und über die Laufbrücke reicht. Dieser Hebel wird durch mehrere Arbeiter oder eine Winde soweit gedreht, dafs die Thore frei werden. Um die Bewegung möglichst zu erleichtern, vermindert man dabei den Anschlag oder die Berührung der Schlagsäulen gegen den Pfosten auf das geringste zulässige Maafs. Man kann auch bei dieser Anordnung an die Schlagsäulen der kurzen Flügel die oben beschriebenen ausgeschnittenen cylindrischen Drehpfosten lehnen, um den nothwendigen Spielraum vor den Thoren möglichst zu schliefsen, die Figur zeigt dagegen die ältere Anordnung, wobei dieses nicht geschieht, vielmehr die betreffenden Schlagsäulen möglichst breit gehalten und übereinstimmend mit den Nischen in den Mauern, worin sie sich bewegen, cylindrische Flächen sich bilden, deren Achsen in den Drehungs-Achsen der Thore liegen.

Digitized by Google

Diese Verbindung zweier Thore wählt man, wenn beide nur mäfsige Dimensionen haben, es ergiebt sich auch, dafs die Aufstellung des mittlern Drehpfostens, der oben noch durch eine Verstrebung, wie Fig. 123 zeigt, gehalten werden mufs, weniger solide und seine Einstellung weniger leicht ist. Der Vortheil, dafs man in dieser Weise eine gröfsere Oeffnung darstellen kann, wird aber zum Theil wieder dadurch aufgehoben, dafs der Pfosten nicht zu beseitigen ist, und sonach die ganze Oeffnung nicht nur durch die beiden Thore, sondern auch durch ihn unterbrochen, also in vier einzelne Theile zerlegt wird. Bei neuern Spülschleusen bemerkt man diese Anordnung nicht mehr, und es werden im Gegentheil gröfsere Thore angewendet, welche die ganze Weite jeder einzelnen Oeffnung umfassen.

Man kann in diesem Fall auch eine Anordnung wählen, mittelst deren die Spülthore zu beiden Seiten eines Pfeilers gleichzeitig frei werden. Dieses ist zum Beispiel bei der neuen Spülschleuse in Ostende geschehn, wie Fig. 127 *A* in der Ansicht von oben und *B* im verticalen Durchschnitt durch die Mittellinie des Pfeilers zeigt. *a* und *a* sind die Drehpfosten, gegen welche sich die längern Flügel der beiden Thore lehnen. Die Köpfe der Pfosten sind mit starken eisernen Ringen versehn, an welchen sich jedesmal ein Ansatz befindet, der einige Zolle weit vortritt. Gegen jeden derselben drückt der kurze Arm eines eisernen Hebels, der die Drehung des Pfostens verhindert und das Thor geschlossen hält. Die längern Arme dieser Hebel sind gegen einander gekehrt und lassen nur einen Zwischenraum von etwa 3 Zoll zwischen sich frei, sie lehnen sich aber beide gegen einen kurzen eisernen Riegel, der an einem Charnier *b* befestigt ist und aufgehoben werden kann. Die gufseiserne, auf den Pfeilern befestigte Platte, woran die beiden Wangen angegossen sind, worin der Riegel sich bewegt, ist rückwärts noch mit einem gleichfalls angegossenen Stege *c* versehn. Sollen die Durchfluſs-Oeffnungen freigestellt oder die Drehpfosten nicht mehr gehalten werden, so schiebt man eine Brechstange *d* über den Steg fort unter den Riegel, und sobald man das hintere Ende der Stange herabdrückt, so hebt sich der Riegel. Die beiden Hebel verlieren dadurch ihre Stütze und unter dem Druck, den sie von den Ansätzen der Drehpfosten erleiden, schlagen sie

Digitized by Google

zurück und lösen zugleich die Drehpfosten. Letztere legen sich nunmehr in die Wendenischen, und die Thore werden frei.

Insofern die Spülthore nicht wie gewöhnliche Schleusenthore an feste Schlagschwellen sich lehnen, aufserdem auch der Anschlag der beiden Schlagsäulen nicht so sicher ist, und endlich auch der obere Zapfen der Wendesäule nur durch Verstrebungen gehalten werden kann, die frei über der Durchflufs-Oeffnung liegen, so ist leicht zu ersehn, dafs diese Thore nicht im Stande sind, einem starken Wellenschlag zu widerstehn. Diese Rücksicht tritt aber noch um so mehr hervor, als die Spülschleusen vorzugsweise auf die Hafenmündungen wirken sollen, und soviel es irgend geschehn kann, in die Nähe derselben gelegt und direct gegen sie gerichtet werden. Die Spülschleusen werden daher von den in den Hafen einlaufenden Wellen im Allgemeinen stärker, als andre Schleusen, getroffen, und bedürfen demnach auch einer besonderen Sicherung. Zu diesem Zweck wird gemeinhin jede Durchflufs-Oeffnung derselben unmittelbar vor dem Spülthor noch durch ein Paar Stemmthore geschlossen. Indem diese, wenn sie geöffnet sind, in den Thor-Nischen liegen, so hindern sie nicht die Wirkung der Spülung, soll aber das Fluthwasser in das Bassin treten, so mufs man sie in den Nischen befestigen, damit sie nicht zuschlagen. Bei starkem Wellenschlage werden sie geschlossen, weil sie alsdann das Spülthor schützen müssen. In solchem Fall wird aber gewöhnlich auch die Spülung ausgesetzt, weil sie doch von keinem bedeutenden Erfolg sein würde. Die Stemmthore bieten aufserdem die Gelegenheit, das Fluthwasser vom Bassin abzuhalten, wenn nicht gespült wird, und dadurch das fortwährende Ein- und Ausströmen zu verhindern. Besonders wichtig sind sie aber, wenn Ausbesserungen oder Erneuungen einzelner Theile an den Spülthoren oder am Boden der Schleuse nothwendig werden, weil sie alsdann den niedrigen Wasserstand der See im Bassin dauernd erhalten.

In manchen Fällen hält man selbst die Stemmthore zur Sicherung der Spülthore nicht für ausreichend, und alsdann verlängert man die Seitenmauern und Pfeiler noch weiter, und schliefst sie durch grofse Schütze, die bei besonders heftigem Seegange herabgelassen werden. Dieses ist vor der neuen Spülschleuse in Ostende geschehn, die wegen der grofsen Nähe an

Digitized by Google

der Hafenmündung auch ganz besonders der Sicherung bedurfte. Das Heben der Schütze ist freilich nicht leicht, doch wird dieses nur selten erforderlich, da die Schütze nur ausnahmsweise herabgelassen werden, und man sie beim Wiedereintritt der ruhigen Witterung mit Musse ziehn kann. Vortheilhaft ist es, zu diesem Zweck eine bewegliche Winde zu benutzen, die auf einer Eisenbahn über die Schütze der verschiednen Ausflufs-Oeffnungen der Spülvorrichtung gestellt werden kann. Auch fortificatorische Rücksichten fordern zuweilen die Anbringung von Schützen, damit das ausgedehnte Spülbassin bei einer Belagerung stets mit Wasser gefüllt bleibt. In diesem Fall dürfen die Schütze auch nicht frei stehn, sondern müssen gegen feindliche Geschosse gesichert sein.

Diese Spülthore mit zwei Flügeln stellen sich beim Oeffnen nicht parallel zur Achse der Schleuse, sondern mehr oder weniger schräge gegen diese, wie Fig. 126 und 128 zeigt. Minard, *) der sich hierüber ausführlich äufsert, sagt, die geringste Abweichung, die er je bemerkt, habe 7 Grade betragen, gewöhnlich fand er sie viel gröfser.

Die Ursache dieser auffallenden Erscheinung sucht Minard vorzugsweise in manchen Zufälligkeiten, welche die Richtung des zuströmenden Wassers bedingen, doch erwähnt er auch der sehr bedeutenden Niveau-Differenzen, die er zuweilen an beiden Seiten derselben Stelle eines Thors gemessen habe und deutet an, dafs auch hierin Veranlassung zu dem starken Druck gegen den kürzern Flügel liegen dürfe.

Ohne Zweifel steht diese Erscheinung in naher Beziehung zu derjenigen, die Herr Kummer an verschiednen Körpern, und namentlich auch an Planscheiben beobachtet hat, die um horizontale Achsen sich drehn konnten, während sie in weiten Kreisen durch die Luft bewegt wurden. **) Befand sich die Drehungs-Achse in ihrer Mitte, so bildete das Gleichgewicht sich nur, wenn die Scheibe rechtwinklig gegen die Richtung der Bewegung

---

*) Cours de Construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer. Paris 1846. pag. 194.

**) Ueber den Luftwiderstand gegen Ebenen. In den Abhandlungen der Academie der Wissenschaften in Berlin. 1876.

Digitized by Google

sich stellte. Der Winkel, den sie gegen diese annahm, wurde aber immer um so kleiner, je weiter man die Achse von der Mittel-Linie entfernte, und wenn sie endlich am Rande der Scheibe sich befand, so wurde der Winkel gleich Null, oder die Scheibe stellte sich in die Richtung ihrer Bewegung.

Ich habe ähnliche Beobachtungen mit oblongen Planscheiben gemacht, die um verticale Achsen sich drehn konnten und der Strömung des Wassers ausgesetzt wurden. Zunächst geschah dieses in einer 4 Zoll weiten Blechrinne, die nur mit der Geschwindigkeit von nahe 2 Zoll durchströmt wurde, demnächst in dem 12 Fufs breiten Abzugsgraben aus dem Gothen-See bei Heringsdorf in der Nähe von Swinemünde. Die Geschwindigkeit war hier, so oft die Schöpfmühlen im Gange waren, bedeutend gröfser, und steigerte sich, nachdem einst die Wiesen in der Nähe hoch unter Wasser gesetzt waren, sogar bis auf 8 Fufs. Endlich stellte mein Sohn, der Ober-Maschinenmeister C. Hagen, vielfache Beobachtungen in der Neisse bei Guben an, und zwar bei Geschwindigkeiten von 2 bis 3 Fufs.

Diese bei sehr verschiednen Geschwindigkeiten und mit grofsen und kleinen Scheiben angestellten Messungen, deren Anzahl fünf und sechzig betrug, führten zunächst zu einem sehr einfachen Gesetz. Nennt man die Länge des kürzeren Flügels, der sich jedesmal stromaufwärts stellt, a, und die des längern b, und bezeichnet φ den Winkel, den die Scheibe mit der Richtung des Stroms macht, so ergab sich

$$\frac{a}{b} = \sin \varphi.$$

Bei Vergleichung dieses Ausdrucks mit den einzelnen Messungen war der wahrscheinliche Fehler $6\frac{1}{2}$ Grade. Diese grofse Unsicherheit erklärte sich zum Theil durch die starken Schwankungen, welche in allen Beobachtungen ohne Ausnahme die Scheiben fortwährend machten. Legte ich indessen ein andres Gesetz zum Grunde, nämlich

$$90 \cdot \frac{a^2}{b^2} = \varphi,$$

wobei φ in Graden ausgedrückt ist, so verminderte sich der wahrscheinliche Fehler auf 4 Grade.

Die Veranlassung zu dem stärkern Druck, den vergleichungs-

Digitized by Google

weise der kürzere Flügel erfährt, darf man nicht in dem Umstand suchen, dafs an der dem Strom zugekehrten Seite der Scheibe eine Strömung sich bildet, welche den Stofs des Wassers auffängt und denselben am hintern Theil der Scheibe weniger wirksam macht, weil bei dieser Erklärung die relative Verminderung des Drucks von dem Winkel φ ganz unabhängig wäre, und die Scheibe bei jeder beliebigen Richtung im Gleichgewicht bleiben würde. Die nähere Untersuchung der Bewegungen, die das Wasser annimmt, wenn es eine Scheibe trifft, die schräge gegen die Richtung des Stroms gestellt ist, zeigte indessen deutlich, in welcher Weise der stärkere Druck gegen den stromaufwärts gerichteten Flügel der Scheibe sich bildet. Läfst man durch eine fein ausgezogene Röhre schwarze Tusche in das Wasser treten, so giebt ein dunkler Faden sehr auffallend die Bewegung des letztern zu erkennen. Das Wasser fliefst zu beiden Seiten der Scheibe ab. Auf der vom Strom getroffenen Seite fliefst es neben derselben, auf der entgegengesetzten verfolgt es aber die allgemeine Richtung des Stroms und reifst sogar das im Schutz der Scheibe stehende Wasser mit sich fort. Die hier entstehende Senkung wird durch Rückströmung dauernd gemäfsigt und zwar erfolgt letztere unmittelbar hinter der Scheibe. Es ergiebt sich hieraus, dafs die Niveau-Differenz und mit derselben auch der Druck auf jedem Punkt der Scheibe um so gröfser sein mufs, je näher der Punkt dem stromaufwärts gekehrten Rande sich befindet.

Diese Erscheinung ist ohne Zweifel dieselbe, wie bei den Spülthoren, ob indessen das mitgetheilte Gesetz in Betreff der Richtung auf diese noch Anwendung findet, mufs dahin gestellt bleiben, da diese Thore nicht im offenen Strom, sondern in einem sehr beschränkten Gerinne stehn.

Zuweilen hat man versucht, durch unmittelbares Einstellen dem Spülthor die Richtung des Stroms zu geben, und namentlich wurden an der darüber führenden Laufbrücke zu diesem Zweck gewisse Vorrichtungen angebracht, doch ist es theils überaus schwierig, das Thor in diese Lage zu bringen, und theils bleibt es, wenn dieses geschehn ist, vorübergehend einem so starken Seitendruck ausgesetzt, dafs der Verband desselben leicht gefährdet wird. Minard erwähnt, dafs ein Thor, welches nur 7 Grade aus der Richtung des Stroms abwich, dennoch nur mit der

Digitized by Google

äufsersten Anstrengung durch drei an eine Erdwinde gestellten Arbeiter parallel zur Achse der Schleuse gestellt werden konnte.

Man hat zuweilen beiden Flügeln gleiche Länge gegeben, in einem derselben aber besonders grofse Oeffnungen angebracht, die durch Schütze geschlossen waren, die zunächst gezogen wurden. Der Erfolg war jedoch in Betreff der Stellung der Thore keineswegs befriedigend. Wichtiger ist die bei einer neuern Schleuse in Ostende angebrachte Anordnung, wobei die Längen der beiden Flügel wenig verschieden sind, die des kürzern aber beim Aufschlagen des Thors in seinem untern Theil sich um mehr als die Hälfte verkürzt. Fig. 129 deutet diese Einrichtung in der Seitenansicht *A* und im horizontalen Durchschnitt *B* an. Der dortige Hafen-Ingenieur Crepin hat nämlich, statt eine Schütz-Oeffnung im Thor anzubringen, den ganzen untern Theil des kürzern Flügels abgeschnitten und diesen durch eine leichte Klappe ersetzt, die mittelst einiger Charnier-Bänder sich um eine verticale Achse dreht und sich beim Aufgehn des Thors flach auf die Bohlen-Verkleidung des längern Flügels auflegt. Beide Figuren stellen das Thor dar, während es geschlossen ist, und sich mit beiden Schlagsäulen an die Drehpfosten lehnt. Auch die erwähnte Klappe *a* wird, wie Fig. *B* zeigt, durch den Drehpfosten gehalten, und ersetzt sonach in dieser Stellung den fehlenden Theil des kurzen Flügels. Letzterer ist in der obern Hälfte wie gewöhnlich construirt, auch mit einer Schlagsäule versehn, welche die punktirten Linien in *B* angeben. Soweit dagegen die Klappe reicht, fehlt die Schlagsäule mit allen sonstigen Verbandstücken und der Bohlen-Verkleidung. Das Thor bildet also einen vollständigen Schlufs, wenn auch vielleicht die Fugen neben der Klappe einiges Wasser durchlassen. Sobald der Drehpfosten vor dem längern Flügel in die Wendenische zurücktritt, und letzterer in der Richtung des Pfeils sich dreht, so wird zwar der feste Theil des kurzen Flügels sogleich gegen den Strom gestellt, die Klappe lehnt sich aber Anfangs noch gegen den Drehpfosten, und bei der fortgesetzten Drehung des Thors schlägt sie zurück und nimmt nicht nur die in *b* dargestellte Lage an, sondern legt sich sogar flach an das Thor an. In dieser Weise verschwindet der untere Theil des kürzeren Flügels und der Wasserdruck auf denselben hört auf, so dafs das Thor, wie eine Windfahne, vor

Digitized by Google

dem längern Flügel sich nahe in die Richtung des hindurchgehenden Stroms stellt.

Bisher war nur von zweiflügeligen Spülthoren die Rede, die auch am häufigsten und mit seltenen Ausnahmen immer gewählt werden. Nichts desto weniger kommen auch einflügelige Spülthore vor, die in mancher Beziehung, und namentlich insofern sie die Durchfluſs-Oeffnungen gar nicht beschränken, vor jenen den Vorzug haben. Sie sind, wie gewöhnliche Schleusenthore, an der einen Seite mit der Wendesäule und an der andern mit einer Schlagsäule versehn. Die erstere befindet sich in der Wendenische und das ganze Thor legt sich, wenn es geöffnet ist, in eine Thornische der Mauer ein. Die Schlagsäule lehnt sich dagegen vor dem Eintritt der Spülung an einen Drehpfosten, der am passendsten wieder von cylindrischer Form und auf einer Seite flach abgeschnitten ist. Der groſse Uebelstand bei Anwendung dieses Thors besteht aber darin, daſs wenn es beim Drehn des Pfostens unter dem starken Wasserdruck plötzlich geöffnet wird, es mit groſser Heftigkeit in die Thornische schlägt, und durch die Erschütterung seine Verbindung gelöst, oder auch wohl der Zapfen und das Halsband zerbrochen wird. Der Stoſs wird indessen vollständig aufgehoben, und obwohl das Thor mit groſser Gewalt sich öffnet, so legt es sich doch sehr sanft in die Wendenische, wenn auf der äuſsern Seite noch ein Wasserstand von einigen Fuſsen statt findet. Das Thor drängt nämlich alsdann bei seiner Drehung das Wasser, welches davor steht, in die Wendenische, und dieses in Verbindung mit dem darin befindlichen kann nicht momentan von hier entweichen. Es bildet sich also ein starker Gegendruck, der erst beim Zurückflieſsen des Wassers aufhört, und sonach das plötzliche Zurückschlagen des Thors verhindert.

Der Gegendruck kann augenscheinlich nur den untern Theil des Thors treffen, und sonach würde, wenn auch die Schwelle hinreichend tief gesenkt wäre, ein hohes Thor, welches plötzlich aufschlägt und nur unten zurückgehalten wird, leicht sich stark krümmen und dadurch in seiner Verbindung leiden. Um dieses zu verhindern, hat der Hafen-Ingenieur Leblanc in Calais die sogenannte Citadellen-Schleuse, durch welche der hintere Theil des Vorhafens gespült wird, mit zwei Thoren über ein-

Digitized by Google

ander versehn, von denen das untere noch nicht bis zur niedrigsten Fluthhöhe hinaufreicht, und über welchem sich das obere Thor befindet. Beim Spülen wird nur das untere geöffnet. Im ersten Moment beschränkt das obere allerdings den Abfluſs des Wassers, nach wenig Secunden tritt indessen im Wasserspiegel schon eine so starke Senkung ein, daſs das obere Thor nicht mehr eintaucht, und sonach auch keinen nachtheiligen Einfluſs ausübt. Dieses war hier um so mehr der Fall, als kein ausgedehntes Spülbassin, vielmehr nur der nach St. Omer führende Schiffahrts-Canal und einige Festungsgräben das Wasser liefern. Der Wasserspiegel senkte sich daher sehr schnell vor der Schleuse.

Das obere Thor lehnt sich hier nicht gegen das untere, sondern beide stehn lothrecht über einander, und die dazwischen befindliche Fuge, die keinem starken Wasserdruck ausgesetzt ist, wird durch eine Gardine von getheerter Leinwand geschlossen, die an das obere Thor befestigt ist. Die Schlagsäulen beider Thore lehnen sich gegen denselben Drehpfosten, doch können die beiden Theile dieses Pfostens besonders gedreht werden, indem der untere mit einer starken eisernen Achse verbunden ist, die durch den obern hindurchgreift. Sowohl diese Achse, als auch der obere Pfosten sind mit besondern Hebelsarmen zum Feststellen und Lösen der Thore versehn, und sonach ist auch die Gelegenheit geboten, die Oeffnung in ihrer ganzen Höhe frei zu machen. Fig. 130 zeigt diese Anordnung, und zwar *A* im Grundriss und *B* in der Ansicht vom Unterwasser aus. Das obere Thor ist dabei geschlossen und das untere geöffnet. Die beiden Theile des Drehpfostens nebst den zugehörigen Hebeln haben daher verschiedne Stellungen.

Von den Spülthoren, die man zuweilen in den Stemmthoren der Schiffsschleusen anbringt, wäre nur noch zu bemerken, daſs die Strömungen, welche sie veranlassen, ungefähr normal gegen die Thorflächen gerichtet sind, also von der Richtung der Schleuse abweichen und bei ihrem Zusammentreffen unregelmäſsige Bewegungen veranlassen. Ihr Effect pflegt wegen der geringen Gröfse der Oeffnungen auch nicht bedeutend zu sein. Wenn die Schiffsschleuse zwischen zwei Spülschleusen liegt, so haben die kleinen Spülthore in der ersteren häufig nur den

Digitized by Google

Zweck, den Sand oder Schlamm zu beseitigen, den die Spülschleusen seitwärts aufwerfen und der den Durchgang der Schiffe verhindern würde.

§ 46.

Bewegliche Richtwerke.

Es ist bereits erwähnt worden (§ 43), dafs man den Spülstrom durch Eröffnung neuer Rinnen oder durch Abschliefsung bestehender Seitenwege mehrfach so zu leiten versucht hat, dafs er diejenigen Untiefen im Hafen oder in dessen Mündung angreift, welche vorzugsweise der Schiffahrt nachtheilig sind, und welche er, wenn er sich selbst überlassen wäre, nicht mit voller Kraft treffen würde. Es giebt aufserdem noch ein andres Mittel, ihm eine beliebige Richtung anzuweisen, und ihn zugleich in dieser zu concentriren, so dafs er die schädlichen Untiefen sicher und schnell beseitigt. Hierzu dienen die beweglichen Richtwerke (guideaux), deren man sich in Französischen Häfen schon seit langer Zeit zuweilen bedient hat, und die mit manchen wesentlichen Verbesserungen auch noch, und zwar mit überraschendem Erfolg, in einzelnen Häfen angewendet werden. Eine nähere Beschreibung derselben rechtfertigt sich dadurch, dafs der Gegenstand, wenn auch den Hafen-Baumeistern nicht ganz unbekannt, doch von denselben gewöhnlich wenig beachtet, und oft zu denjenigen Erfindungen gerechnet wird, die niemals zu einem bedeutenden Resultat geführt haben.

Wollte man die Richtwerke einzeln anwenden, so würden sie nur Unregelmäfsigkeiten im Fahrwasser veranlassen, ähnlich denjenigen, welche etwa nach dem vollständigen Durchbruch einer Buhne der zurückgebliebene isolirte Kopf derselben im Strombette erzeugt. Die Wirkung ist jedoch eine ganz andre, wenn man eine gröfsre Anzahl derselben verbindet und dadurch ein Parallel-Werk darstellt, welches den Strom vollständig auffängt und ihn zwingt, es seiner Länge nach zu verfolgen.

Der Spülstrom unterscheidet sich von allen übrigen Strömungen, wenn man von denjenigen in den Sieltiefen absieht, wesentlich dadurch, dafs er nur zur Zeit des niedrigen Wassers statt findet, also wenn die Schiffahrt unterbrochen ist. Ein viel höherer Wasserstand geht ihm voran und ein solcher folgt ihm nach wenigen

Digitized by Google

Stunden. Man kann also die Richtwerke vorher, und zwar ohne Beeinträchtigung der Schiffahrt, einzeln oder auch in ihrer Zusammensetzung schwimmend an ihre Stelle bringen, und nachdem sie gewirkt haben, wieder schwimmend zurückziehn, während sie in der kurzen Zeit, wo sie den Spülstrom auffangen, beim niedrigen Wasser sicher auf dem Grund stehn. Das Herausbringen und Zurückführen derselben wird aber dadurch erleichtert, dafs im ersten Fall die Ebbe- und im zweiten die Fluth-Strömung dabei benutzt wird, wenn beide, da sie nur durch die Entleerung und Anfüllung des Vorhafens veranlafst werden, nicht besonders stark sind. Endlich ist noch der günstige Umstand zu erwähnen, dafs wenn vielleicht, während die Werke ausgebracht sind, plötzlich ein Sturm entstehn sollte, derselbe, so lange der Wasserstand noch niedrig ist, nicht hohe Wellen treibt. Man darf also, wenn man nicht etwa vor der Mündung, und zwar unmittelbar neben dem tiefen Wasser der offnen See, die leichten Constructionen aufgestellt hat, nicht besorgen, dafs sie von dem Wellenschlage zerstört werden, vielmehr bleibt bei gehöriger Aufmerksamkeit hinreichende Zeit, Alles in Sicherheit zu bringen, bevor höhere Wellen in den Hafen einlaufen.

Wie sehr die Wirksamkeit des Spülstroms sich verstärkt, wenn derselbe einen festen Gegenstand trifft, der vor ihm nicht ausweicht, und welche bedeutenden Tiefen in solchem Fall stellenweise entstehn, zeigt sich an allen Stellen im Hafen, wo der Strom scharf gegen ein Ufer gerichtet ist. Es lag daher der Gedanke sehr nahe, fest construirte und angemessen geformte Fahrzeuge, oder auch wohl nur einfache Holzwände, vor dem Eintritt des niedrigsten Wassers auf die zu beseitigende Untiefe zu bringen, so dafs sie bei dem fallenden Wasser sich hier fest stellen, nachdem sie aber die Wirkung auf den Spülstrom ausgeübt haben, und bei beginnender Fluth wieder aufschwimmen, sie in den Hafen zurück zu führen.

Von Versuchen dieser Art spricht schon Belidor*), und zwar beschreibt er zwei wesentlich verschiedne Apparate. Ueber den einen, der in Dünkirchen zur Ausführung gekommen war, sagt er nur, dafs man mit den Wirkungen zufrieden gewesen sei. Bei

*) Architecture hydraulique. II. Partie. Livre III. Chap. VII. Sect. III.

Digitized by Google

demselben wurden Prahme mit senkrechten Seitenwänden und ebenen Böden benutzt, welche die Form eines Rhombus hatten. Fig. 131 *A* und *B* zeigt einen solchen Prahm. Die längere Diagonale, die zugleich die Achse des Fahrzeugs bildete, war 36 Fufs lang, die kürzere dagegen 18 Fufs. An den Enden der letztern, also an den in der Mitte des Prahms vortretenden beiden Ecken befanden sich Steuerruder, die dazu dienten, das Fahrzeug während es noch schwamm und vor Anker lag, genau auf diejenige Stelle zu bringen, wo es aufgestellt werden sollte. Der Boden war 3 Fufs hoch mit Steinen bedeckt, während die Seitenwände sich noch 5 Fufs darüber erhoben. Es wird erwähnt, der Ballast sei so abgemessen gewesen, dafs man beim Hochwasser die Prahme noch sicher über die Untiefen fortbewegen konnte, und dafs man mehrere derselben neben einander stellte.

Weshalb man die bezeichnete Form wählte, durch welche sich keine regelmäfsige Streichlinie darstellen liefs, wird nicht mitgetheilt: die gewöhnliche oblonge Form der Prahme dürfte sich hierzu mehr geeignet haben. Doch auch in diesem Fall bleibt das Bedenken, dafs die Anordnung theils wegen ihrer Kostbarkeit und theils wegen des Widerstandes, den die Fahrzeuge in Folge ihres grofsen Querschnitts der leichten Bewegung entgegensetzen, nicht als zweckmäfsig angesehn werden kann.

Augenscheinlich kommt bei diesen vollständigen Fahrzeugen nur diejenige Seitenwand zur Wirksamkeit, welche vom Strom getroffen wird, und es empfahl sich daher, diese Seitenwand allein darzustellen und zu benutzen. Dabei blieb nur fraglich, in welcher Weise die Aufstellung und hinreichende Befestigung derselben erfolgen solle. Diese Aufgabe hatte Castain im Havre gelöst, und zwar wesentlich in derselben Art, die man auch gegenwärtig noch beibehalten, und die sich vollständig bewährt hat. Schon Belidor sagt, dafs bewundernswürdige Erfolge durch diese Vorrichtung erreicht seien, wie er selbst gesehn habe.

Der damals benutzte Apparat, der in einem Flofs bestand, ist Fig. 132 *B* in der Ansicht von oben dargestellt, und zwar ist in dem obern Felde der Bohlenbelag fortgelassen, um die Construction deutlicher zu zeigen. *A* ist die Seitenansicht vor der Aufstellung, und *C* der Querschnitt durch eine der Stützen, während das Flofs aufgestellt und in Wirksamkeit ist. In der nach-

Digitized by Google

stehenden Beschreibung sind die von Belidor angegebenen Maafse, also Pariser Fufse*), beibehalten, da bei dem geringen Unterschiede gegen Rheinländisches Fufsmaafs die Uebertragung auf letzteres entbehrlich war.

Jedes dieser Richtwerke besteht in einem Flofs von 72 Fufs Länge nud 12 Fufs Breite. Dasselbe wird gebildet durch vier starke Balken, welche in der ganzen Länge hindurchgehn, ohne dafs sie gestofsen sind. Die beiden äufsern Balken sind 18 Zoll, die beiden innern nur 12 Zoll breit und alle etwa 14 Zoll hoch. Da jedoch die Stämme nicht genügende Stärke hatten, um ihnen in der ganzen Länge diese Dimensionen zu geben, so wurden sie abwechselnd in entgegengesetzter Richtung verlegt, man sah daher abwechselnd die Zopf- und die Stammenden vortreten. An der Seite, wo die Stützen sich befinden, liegen zwei dieser Balken nur 10 Zoll von einander entfernt. Die sämmtlichen Längsbalken sind durch Querbalken verbunden, die abwechselnd Zwischenräume von 1 Fufs und 8 Fufs zwischen sich frei lassen. Die Querbalken sind 12 Zoll hoch und breit, und werden wie die Langbalken 4 Zoll tief eingeschnitten. An den Enden sind sie durch Bügel oder Bolzen mit den letztern verbunden. Der Bohlenbelag, der das ganze Flofs überdeckt, ist 4 Zoll stark, schliefst sich also an die Oberfläche der Querbalken an. Endlich sind noch in Abständen von 4 zu 4 Fufs unter die Langbalken Querbohlen von 4 Zoll Stärke genagelt. Diese müssen so vertheilt werden, dafs sie die Oeffnungen, durch welche die Stützen hindurchreichen, frei lassen.

Das Flofs besteht in allen Theilen aus Kiefern- oder Tannenholz, die Stützen *a* dagegen, welche sich auf den Grund aufstellen, aus Eichenholz. Letztere sind 12 Fufs lang und 12 Zoll breit und hoch. Sie greifen zwischen je zwei neben einander liegende Querbalken und die beiden äufsern Langbalken hindurch. Der stärkere von diesen ist daher noch 2 Zoll tief eingeschnitten. Die Oeffnungen im Flofs müssen sorgfältig ausgearbeitet und so erweitert sein, dafs die Stützen, ohne zu klemmen, leicht gehoben und herabgelassen werden können, während auch nicht zu viel

*) Der Pariser Fufs verhält sich zum Rheinländischen annähernd wie 29 zu 28.

Digitized by Google

Spielraum bleiben darf. Um die Stützen bei der Aufstellung des Floſses noch sicherer zu halten, sind Knaggen *b* aus Eichenholz auf den Bohlenbelag befestigt.

So lange das Floſs schwimmt und während es an seine Stelle gebracht und vor Anker gelegt, oder gegen die andern Flöſse befestigt wird, sind die Stützen so hoch gehoben, daſs sie nur wenig vor die Bodenfläche des Floſses vortreten, wie die Ansicht *A* zeigt. Sie werden in dieser Stellung durch kurze eiserne Hebel *c* gehalten. Letztere greifen mittelst eines vortretenden Zahns in eine Oeffnung einer Schiene, die an die Stütze befestigt ist. Eine gleiche Schiene befindet sich auch am obern Ende jeder Stütze, und zwar ist diese mit verschiednen Oeffnungen über einander versehn, so daſs man sie in beliebiger Tiefe feststellen kann. Zum Herablassen wie auch zum Heben der Stützen bedient man sich einer einfachen Hebelade, welche den Bolzen *d* am obern Ende der Stütze faſst. Diese Lade wird von einer Stelle zur andern verschoben, um damit die sämmtlichen acht Stützen eines Floſses einzustellen.

Die Stützen werden schon herabgelassen, während der Wasserstand noch so hoch ist, daſs sie auch, nachdem dieses geschehn ist, den Grund noch nicht berühren, doch stellen sie sich beim weitern Fallen des Wassers bald fest und die Flöſse nehmen nunmehr eine schräge Stellung an, bis schliefslich am Ende der Ebbe die Ränder der langen Seiten, wie Fig. 132 *C* zeigt, sich auf den Boden legen. In dieser Lage werden sie vom Spülstrom getroffen und veranlassen denselben, seine Richtung zu verändern und dadurch den Grund anzugreifen.

Die verschiednen Flöſse, die gleichzeitig wirken sollen, werden an ihren schmalen Seiten miteinander verbunden, und stellen alsdann ein längeres Parallelwerk dar, neben welchem der Strom vorbeistreicht. Belidor sagt, man müsse die Wirkungen aufmerksam beobachten, um ein sichres Urtheil darüber zu gewinnen, an welche Stelle diese Streichwerke am passendsten zu legen sind. Die stärkste Vertiefung pflegt unmittelbar am Fuſs der Flöſse einzutreten, beim wiederholten Gebrauch derselben werden sie daher weiter zurückgelegt, wodurch sich endlich das Fahrwasser in der erforderlichen Breite ausbildet. Beim Eintritt der Fluth wurden sie aber jedesmal in den Hafen zurückgebracht, weil sie sonst den Schiffsverkehr behindert hätten.

Digitized by Google

Streichwerke, den so eben beschriebenen sehr ähnlich, wurden auch in neuer Zeit sehr vortheilhaft in Dünkirchen benutzt. Der dortige Hafen-Ingenieur Plocq hat dieselben in mancher Beziehung verändert, so dafs sie theils fester verbunden, theils aber auch in der Benutzung bedeutend bequemer geworden sind. Ihre Einrichtung ist in Fig. 133 angedeutet.

Das Flofs hat eine gröfsere Breite erhalten, damit es auch an solchen Stellen benutzt werden kann, wo beim kleinsten Wasserstande noch eine gröfsere Tiefe bleibt. Diese Breite mafs anfangs 19, und später 24 Fufs, die Länge ist dagegen auf 32 Fufs beschränkt, da die Beschaffung längerer Hölzer zu kostbar war. Die Flöfse sind wesentlich verstärkt worden, und an die Enden der Querbalken sind gufseiserne Spitzen befestigt, welche in den Grund eingreifen und dadurch ein Zurückschieben des Flofses durch den Strom verhindern. Die Bohlen, welche den Belag bilden, sind sämmtlich etwas abgeschrägt, damit die vortretenden Kanten ein sichres Auftreten gestatten, wenn auch das Flofs eine starke Neigung angenommen hat. Zur bequemen Handhabung der Winden sind aufserdem noch zwei Bohlen schräge gegen das Flofs befestigt, die, während der Apparat in Wirksamkeit ist, eine beinahe horizontale Laufbrücke bilden. Die Zeichnung zeigt dieselben unmittelbar unter dem Rade, mit welchem die Stütze gehoben wird.

Die gröfsere Breite des Flofses machte die Anwendung längerer Stützen nothwendig, zu deren Hebung kräftigere Winden erforderlich waren, die wegen ihres gröfsern Gewichts nicht füglich von einer Stütze an die andre verschoben werden konnten. Hiernach ist neben jeder der fünf Stützen eine besondere Winde mit dem zugehörigen Bock angebracht. Die Winde besteht aus einer Trommel, um welche sich ein Seil schlingt, und ist mit einem gezahnten Rade verbunden. Letzteres wird durch ein Getriebe mittelst zweier Kurbeln bewegt. Diese Windevorrichtung ist so eingerichtet, dafs dadurch nicht allein die Stütze gehoben, sondern auch herabgedrückt werden kann. Dieses ist aber besonders in sofern von Wichtigkeit, als man dadurch die sämmtlichen Stützen des einzelnen Richtwerks gleichmäfsig zum Tragen bringt, und sonach das ganze Flofs bei der Unebenheit des Grundes sicher unterstützt wird. Die Zeichnung weist nach, in welcher Weise

Digitized by Google

die Stütze herabgedrückt wird. In ihren Kopf ist nämlich eine Scheibe eingelassen, und um diese wird ein starkes Tau geschlungen, dessen eines Ende an die Winde befestigt, das andre dagegen mit einem Haken versehn ist. Wenn letzterer in die eiserne Oese auf dem Balken am Rande des Flofses eingehakt und die Winde angezogen wird, so erfolgt ein starker Druck auf die Stütze, wodurch theils diese in den Boden gestofsen und theils das Flofs etwas gehoben wird. Will man dagegen die Stütze heben, so schlingt man das Tau um eine Rolle, die an den Streben des Windebocks angebracht ist, und läfst den Haken in einen Bolzen an der Stütze eingreifen. Bei Drehung der Winde in gleicher Richtung wie früher wird alsdann die Stütze gehoben.

Indem theils durch die schweren Winden, theils aber auch durch die längeren Stützen das Flofs an der einen Seite übermäfsig belastet ist, so dafs es nicht mehr horizontal schwimmen würde, wenn es allein durch die Verbandstücke getragen wäre, so ist noch in der ganzen Länge des Flofses, und zwar unter den Winden, ein abgedichteter Luftkasten aus Bohlen angebracht, der mittelst Pumpen entleert werden kann, so oft etwa Wasser in denselben eingedrungen ist.

Was die mittelst dieses Apparats erreichten Erfolge betrifft, so mufs zunächst bemerkt werden, dafs die zuletzt beschriebenen Flöfse vorzugsweise vor der Hafenmündung benutzt werden, während man in dem Hafen-Canal kleinere Streichwerke anwendet, welche, von der Länge abgesehn, in ihrer ganzen Zusammensetzung mit den von Belidor beschriebenen nahe übereinstimmen. Letztere kann man indessen aufserhalb der Hafendämme nicht mehr gebrauchen, weil sie theils nicht die erforderliche Höhe haben, theils auch bei unruhiger Witterung nicht schnell genug zu heben sind. Von den gröfsern Richtwerken waren im Jahr 1863 fünf und zwanzig Stück vorhanden, die also, indem sie an ihren Enden verbunden wurden, einen Streichdamm von 66 Ruthen Länge darstellten.

Das bedeutendste in dem benannten Jahr durch sie erreichte Resultat ist die bessere Richtung des Fahrwassers aufserhalb des Hafens. Vor der Mündung des Hafens von Dünkirchen liegen nämlich mehrere Sandbänke oder Riffe, die dem Ufer parallel, also nahe von Westen nach Osten sich hinziehn. Die dazwischen

Digitized by Google

befindlichen tiefern Rinnen schliefsen sich aber an der östlichen Seite, so dafs gröfsere Schiffe nur von Westen her zum Hafen gelangen können, in welcher Richtung auch das mit Tonnen bezeichnete Fahrwasser liegt. Die Hafendämme sind nach Nord-West zum Nord gekehrt, indem sie auf der westlichen Seite mit der Nordlinie einen Winkel von 34 Graden bilden. Diese Richtung ist dem äufsern Fahrwasser angemessen. Die starke Küstenströmung, welche den Sand vorzugsweise herbeiführt, kommt aber von Westen, und es legt sich daher an den Kopf des westlichen Hafendamms, der von ihr zuerst getroffen wird, ein Haken an, dem die Schiffe nur ausweichen können, indem sie nahe in nördlicher Richtung aus der Hafenmündung auslaufen. Diese Abweichung von dem Curs, den sie unmittelbar darauf verfolgen müssen, ist höchst störend, und oft geschieht es, dafs der Wind entweder das Auslaufen oder die weitere Fortsetzung der Fahrt nicht gestattet. Noch übler ist dieser Umstand beim Einkommen der Schiffe. Es war demnach von der äufsersten Wichtigkeit, dem Fahrwasser vor dem Hafen eine andre Richtung, und zwar diejenige zu geben, die es weiter seewärts hat. Dieses ist mittelst der beschriebenen Streichwerke im Jahre 1862 erreicht. Dieselben wurden im Mai und Juni neunmal aufgestellt und sie beseitigten dadurch den Haken so vollständig, dafs die Schiffe in der Richtung des Hafens bis zur Rhede oder dem breiten und tiefer westwärts gekehrten Fahrwasser gelangen konnten. Aufserdem war dieses neue Fahrwasser auch ungefähr um 1 Fufs tiefer, als das frühere.

Während des nächsten Winters liefsen sich die beweglichen Richtwerke vor dem Hafen nicht benutzen, und eben so wenig auch im folgenden Frühjahr, da vom Anfange November 1862 bis Anfang Juni 1863 bei allen Springfluthen das Meer zu unruhig war, als dafs man sie hätte ohne Gefahr aufstellen können, doch wurden auch während dieser Zeit die freien Spülungen, so oft es geschehn konnte, fortgesetzt. Die 1863 angestellten Messungen ergaben, dafs allerdings die Tiefen im neuen Fahrwasser sich etwa um 1 Fufs wieder vermindert, dafs aber letzteres noch unverändert die ihm künstlich gegebene Richtung behalten hatte. Die Tiefe war noch so grofs geblieben, dafs selbst beim Hochwasser der todten Fluthen Schiffe von 17 Fufs Tiefgang einlaufen konnten.

Digitized by Google

Auch im Innern des Hafens erwies sich die Benutzung der Streichwerke sehr vortheilhaft. Wo eine Untiefe sich bildete, welche der Schiffahrt nachtheilig oder lästig war, wurde dieselbe leicht und sicher beseitigt, indem man die Flöfse als Parallelwerke, zuweilen aber auch buhnenartig aufstellte. Wenn man die dadurch veranlafsten Vertiefungen mit den Kosten der starken Bemannung der Flöfse, so wie mit denen der Reparatur und Ausrüstung derselben verglich, so ergab sich, dafs im Innern des Hafens die Beseitigung einer Schachtruthe Sand 4 Silbergroschen 4 Pfennige, vor dem Hafen dagegen 6 Silbergroschen 1 Pfennig kostete. Die einmalige Benutzung der fünf und zwanzig Richtwerke vor dem Hafen verursachte aber mit Einschlufs der Unterhaltung und nothwendigen Erneuerungen durchschnittlich einen Kosten-Aufwand von 270 Thaler.

Obwohl durch Benutzung der Richtwerke bei den Spülungen der Zugang zum Hafen von Dünkirchen wesentlich verbessert war, so genügte die dargestellte Fahrtiefe doch nicht, als später gröfsere Schiffe in den Hafen einliefen, und namentlich als hier eine Station der Kriegsmarine eingerichtet wurde. Zwischen dem tiefen Wasser der See und den Köpfen der Hafendämme liegt eine etwa 160 Ruthen breite Sandbank, auf der beim Niedrig-Wasser der Springfluthen die Tiefe nur etwa 3 Fufs mafs. Es war also eine Vertiefung um mehr als 6 Fufs nothwendig, damit Schiffe von 21 bis 22 Fufs Tiefgang bei jedem Hochwasser sicher ein- und auslaufen konnten. Dazu kam noch, dafs diese Fläche bei ihrer ganz freien Lage einem sehr heftigen Seegange ausgesetzt war, und dafs bei westlichen Winden nicht selten in der Zwischenzeit zwischen zwei Springfluthen 7000 bis 9000 Schachtruthen Sand in das Fahrwasser trieben.

Zunächst kam es darauf an, den Spülstrom zu verstärken. Zu diesem Zweck wird gegenwärtig noch ein neues Spül-Bassin ausgehoben, dessen Flächeninhalt eben so grofs ist, wie derjenige der sämmtlichen älteren. Die Wassermasse, welche den Spülstrom darstellt, wird sich also verdoppeln, oder während der Dauer der Spülung von drei viertel Stunden sich auf 65 Millionen Cubikfufs stellen. Hierdurch hofft man bis über die Mitte der Bank die beabsichtigte Tiefe dauernd zu erhalten. Der letzte Theil der Rinne soll aber durch einen Kreiselbagger, so oft es nöthig ist,

Digitized by Google

vertieft werden. Die Gesellschaft Fives-Lille, die schon bei der Aushebung des Suez-Canals betheiligt war, hat diese Baggerarbeiten übernommen, mit denselben auch bereits den Anfang gemacht.*) Manche Eigenthümlichkeiten dieses Baggers sollen später mitgetheilt werden.

§ 47.
Die Häfen Calais und Boulogne.

Als Beispiel für Anordnung der Spülvorrichtungen ist vorzugsweise der Hafen von Calais geeignet. Aus den bereits mitgetheilten Beschreibungen und Situations-Zeichnungen der Häfen Dieppe (§ 33) und Ramsgate (§ 38) ergiebt sich die Wirksamkeit der gewöhnlichen Spülung zwar schon im Allgemeinen, doch sind die Anlagen dieser Art in andern am Canal belegenen Häfen vollständiger und zweckmäfsiger eingerichtet.

Die Verbindung zwischen Calais und Dover durch Dampfböte, welche beiderseitig an Eisenbahnen sich anschliefsen, gab Veranlassung, den Hafen von Calais dadurch wesentlich zu verbessern, dafs selbst zur Zeit der niedrigsten Wasserstände die Personen-Böte mit sehr seltenen Ausnahmen stets ein- und ausgehn können. Durch die grofse Gefälligkeit des dortigen Hafen-Ingenieurs Leblanc, der mir wiederholentlich seine interessanten Ausführungen gezeigt, und auf deren Wirkungen mich aufmerksam gemacht hat, bin ich in den Stand gesetzt, über die hier erreichten Erfolge mich eingehend zu äufsern.

Der Fluthwechsel bei Calais, obwohl bedeutend geringer, als bei Dieppe und selbst bei Boulogne (§ 6), ist dennoch sehr erheblich, indem er bei gewöhnlichen Springfluthen 19 Fufs 11 Zoll und bei gewöhnlichen todten Fluthen 11 Fufs 11 Zoll beträgt. Bezeichnet man die Höhe des Niedrig-Wassers bei gewöhnlichen Springfluthen mit Null, so fällt das Niedrig-Wasser der gewöhnlichen todten Fluthen auf 3 Fufs 10 Zoll, das Hochwasser der letztern steigt auf 15 Fufs 9 Zoll, und das Hochwasser der gewöhnlichen Springfluthen, wie bereits angegeben, auf 19 Fufs

*) Notices sur les modéles, cartes et dessins rélatives aux travaux des ponts et chaussées. Exposition universelle à Paris 1878, pag. 166.

Digitized by Google

11 Zoll. Bei ungewöhnlichen Springfluthen steigt das Wasser bis 22 Fufs 7 Zoll und sinkt bis 2 Fufs 3 Zoll unter Null, so dafs der Fluthwechsel alsdann 24 Fufs 10 Zoll mifst.

Die Meeresufer und der Strand bestehn hier nur aus Sand, obwohl westwärts etwa in der Entfernung von $1^1/_2$ Deutschen Meilen das steile Kreide-Ufer, bei Blancnez, an das Meer tritt. Nach einer kurzen Unterbrechung setzt sich ein solches weiterhin auf eine gröfsere Länge fort, und die nördliche Spitze desselben, das Vorgebirge Grisnez, springt weit in den Canal hinein und übt wesentlichen Einflufs auf die Strömung und die Ablagerung des Sandes von Calais. Minard macht darauf aufmerksam, dafs die früheren Verlängerungen der Hafendämme von Calais nicht, wie sonst zu geschehn pflegt, ein weiteres Vorrücken der Tiefenlinien zur Folge gehabt haben, letztere vielmehr zwei Jahrhunderte hindurch und zwar in derselben Zeit, während diese Verlängerungen erfolgten, unverändert geblieben sind. Durch das Vorgebirge Grisnez und die vor Dünkirchen liegenden Sandbänke wurde die Richtung der Strömungen und der Sandablagerungen bestimmt, und eine Störung dieses Verhältnisses konnte nicht eintreten, so lange die Hafendämme innerhalb des flachen Wassers blieben. Bei den verschiednen Verlängerungen der Hafendämme, und so auch bei der 1841 ausgeführten, ist jedoch jedesmal der Strand oder die Grenze des niedrigen Wassers, weiter seewärts und zwar stets bis zu den neuen Hafenköpfen vorgedrungen.

Der kleine Ort Pétresse, oder die jetzige Vorstadt St. Pierre, auf der Südseite von Calais, wurde 881 von den Normannen verbrannt und wenige Jahre später kommt der Name Calais bereits vor. Es war ursprünglich wohl ein Fischerdorf, in einer Niederung belegen, in welche die Fluthen nicht nur durch die tiefere Rinne zwischen *L* und *K* (Fig. 134 auf Taf. XXIV), sondern auch zwischen den Dünen des westlichen Strandes eindrangen. Die erste Anlage zur Sicherung der hier liegenden Fahrzeuge war der kleine, noch existirende Hafen Paradis, den man wahrscheinlich schon 997 ausgrub und theilweise umschlofs. Bei der bedeutenden Wassermasse, die in jeder Fluth und Ebbe ein- und auslief, und bei der grofsen Nähe der Englischen Küste wurde Calais bald ein wichtiger Punkt, wiewohl die Kunst aufser jenem kleinen Hafen nichts für die Verbesserung und Sicherung des Schiffahrts-

Digitized by Google

betriebes gethan hatte. 1217 sammelte sich hier die Französische Kriegsflotte, die England erobern sollte.

Erst im 14. Jahrhundert wurden unter Englischer Hoheit einige wichtige Anlagen ausgeführt. Zum Schutz des Hafens wurde das Fort Risban erbaut, und von hier aus ein wasserfreier Deich in westlicher Richtung bis zum höhern Meeresufer geführt, wodurch die unmittelbare Verbindung zwischen dem Meer und der ausgedehnten Wasserfläche, dem jetzigen Spülbassin, geschlossen wurde. Die Rinne zwischen dem letztern und der Hafenmündung neben dem Fort Risban konnte nunmehr als Liegeplatz für Schiffe benutzt werden und man nannte sie Grand Paradis, während jener alte Hafen noch lange Zeit hindurch Petit Paradis hiefs.

Nachdem 1558 Calais wieder unter Französische Herrschaft kam, wurde es fortificatorisch durch bedeutende Werke geschützt, ohne dafs für die Verbesserung des Hafens etwas geschah. Erst unter Vauban wurde hierauf Bedacht genommen. 1673 veranlafste derselbe die Verlängerung der Hafendämme, wie solche auch wohl schon früher von Zeit zu Zeit erfolgt sein mag, und zugleich entstanden damals die Binnen-Canäle, welche theils zur Entwässerung der daneben befindlichen Niederungen und theils zur Schiffahrt dienten, und die in ihrer weitern Ausdehnung sich bis Paris und bis nach der Maas fortsetzten. Dieselben erstreckten sich indessen nicht bis zum Hafen, vielmehr mufsten die Güter bei der Schleuse Crucifixe (in den Festungsgräben auf der Südseite der Stadt) über Land bis zum Hafen gefahren werden. Auch soll Vauban vorgeschlagen haben, den Hafen Grand Paradis durch eine Schleuse abzuschliefsen und in einen Flotthafen zu verwandeln, der aber auch als Spülbassin zur Vertiefung des Vorhafens zu benutzen sei. Letzteres unterblieb jedoch, da nach Verlängerung der Hafendämme im Jahr 1681 zur Zeit der Springfluthen der Wasserstand zwischen den Köpfen noch über 20 Fufs betrug.

Ohne wesentliche Aenderung verblieb der Hafen in diesem Zustande bis zum Anfange des 19. Jahrhunderts. Zur Zeit der Revolution wurden freilich manche Verbesserungen angeregt, doch kamen solche nicht zur Ausführung. Seit 1811 sind aber verschiedne Kais erbaut und namentlich das für den Verkehr am bequemsten belegene Quai d'Orléans, vor der spätern Eisenbahnstation.

Digitized by Google

1819 wurde die Erlaubnifs ertheilt, von der Fläche, die bisher dem Eintritt jeder Fluth ausgesetzt war, 168 Morgen einzudeichen. Hierdurch wurde die Ein- und Ausströmung, und mit dieser zugleich die Spülung des Vorhafens so sehr vermindert, dafs letzterer wie auch das Fahrwasser davor wesentlich an Tiefe verloren, und nunmehr bedeutende Anlagen zur Sicherung der Schiffahrt sich nicht mehr umgehn liefsen. Namentlich wurden solche nothwendig, indem die Beziehungen zu England sich inniger gestalteten und ein starker Verkehr zwischen beiden Staaten sich bildete, wobei vorzugsweise der kürzeste Seeweg zwischen Calais und Dover benutzt wurde. *)

Der Ober-Ingenieur Raffeneau entwarf nunmehr die Pläne zu verschiednen Verbesserungen des Hafens, die auch bis zum Jahr 1843 zur Ausführung kamen. Dieselben bezogen sich:

1) auf die Verlängerung der Hafendämme um etwa 55 Ruthen, nämlich bis zur Grenze des niedrigen Wassers;
2) auf die schiffbare Verbindung der binnenländischen Canäle mit dem Hafen durch die sogenannte Citadellen-Schleuse (bei *M* Fig. 134), und vorzugsweise
3) auf die Spaltung des mehrfach erwähnten breiten Schlauches durch einen Mitteldamm, wobei der nördlich belegene Theil in ein Spülbassin verwandelt wurde, dessen Abflufs nahe in die Richtung des Hafen-Canals fiel, während der südliche Theil Dock oder Flotthafen wurde, und weiterhin Vorhafen blieb, wie die Zeichnung angiebt.

Es darf nicht befremden, dafs die Ausführung dieser Arbeiten, verbunden mit der Darstellung der dabei gewonnenen Kais und mancher sonstigen Anlagen zur Erleichterung des Schiffsverkehrs, einen längern Zeitraum in Anspruch nahm. Der Hafen verbesserte sich dadurch aber so sehr, dafs im Jahr 1854 die im Krimkrieg für die Ostsee bestimmte Flotte in Calais vereinigt wurde.

---

*) In der vierten Ausgabe des Cours de construction von Sganzin, die 1840 erschien, enthält die Situationszeichnung des Hafens weder den Flotthafen, noch die Spülvorrichtung. Sie zeigt nur den offnen breiten Schlauch, worin die gröfsern Schiffe liegen mufsten, während die kleinern im Paradis-Hafen wenigstens gegen Wellenschlag geschützt waren. Nach dieser Zeichnung erstreckten sich damals die beiderseitigen Hafendämme nur etwa bis *A* und *B* in Fig. 134.

Digitized by Google

Zunächst mag von den Erfolgen die Rede sein, welche durch die neu eingerichtete Spülung erreicht wurden.

Das Spülbassin hat eine Flächen-Ausdehnung von 226 Morgen. Der Spülschleuse *L*, ecluse de Raffeneau genannt, gab man drei Oeffnungen, von denen die beiden äufsern von 12 Fufs 9 Zoll lichter Weite durch je ein gewöhnliches zweiflügeliges Spülthor geschlossen wurden. Die mittlere Oeffnung von 31 Fufs 10 Zoll Weite wurde dagegen als Kammerschleuse behandelt und mit zwei Paar Ebbethoren und einem Paar Fluththoren versehn, damit gelegentlich auch Schiffe in das Spülbassin gelangen könnten. Die äufsern Ebbethore bestanden indessen in ihren untern Theilen nur aus Rahmen von 14 Fufs 4 Zoll lichter Weite, und hierin befanden sich wieder Spülthore mit ungleichen Flügeln. Mit Rücksicht auf die Querschnitte der vier Spülthore, die einen grofsen Theil der freien Oeffnung einnahmen, stellten die drei Schleusen, sobald alle Spülthore aufschlugen, Ausflufsöffnungen dar, die zusammen etwa 48 Fufs weit waren.

Die Wirkung der ersten Spülungen ergab sich sogleich als sehr zufriedenstellend. Minard theilt ein Längen-Profil mit, das durch die Mittellinie des Hafen-Canals gelegt ist, woraus sich die Veränderungen der Tiefen ergeben. Bevor die erste Spülung vorgenommen wurde, Ende December 1843, war der ganze Hafen-Canal nahe bis zur Höhe des Niedrigwassers bei gewöhnlichen Springfluthen versandet. An keiner Stelle dieses Profils blieb eine Wassertiefe von mehr als 6 Zoll zurück und an einer Stelle war sie sogar gleich Null. Zwischen den Köpfen der Hafendämme erhob sich die Sandablagerung etwa $1\frac{1}{2}$ Fufs über diesen Wasserstand. Weiter seewärts nahm die Tiefe sehr schnell zu, so dafs sie im Abstande von 35 Ruthen von den Köpfen schon 6 Fufs, und im Abstande von 66 Ruthen 12 Fufs betrug.

Im März 1844, also nach den Spülungen, fand sich dagegen in der ganzen Länge des Hafen-Canals bei gleichem Wasserstande die Tiefe von nahe 8 Fufs vor. Dasselbe war auch in seiner Mündung oder zwischen den Hafenköpfen der Fall. Die bei der Spülung herausgetriebene Sandmasse hatte sich indessen auswärts so hoch abgelagert, dafs im Abstande von etwa 60 Ruthen vor den Hafenköpfen, wo die Tiefe früher 8 Fufs gewesen war, dieselbe sich gegenwärtig etwa bis auf 8 Zoll vermindert hatte. Bei

Digitized by Google

fortgesetzter Spülung wurde auch diese Bank bald angegriffen und fortgeschoben, und im October 1844 hatte man sowohl im Hafen-Canal selbst, als auch vor der Mündung desselben, überall wenigstens die Tiefe von 3 Fuſs dargestellt.

Die in jener Zeit erbaute Spülschleuse hatte jedoch nicht lange Bestand. Im Jahre 1853 wurde sie durch Unterspülung vollständig zerstört. Man half sich zunächst durch provisorische Anlagen, die zwar eine gänzliche Wiederversandung des Hafen-Canals verhinderten, jedoch den bereits erreichten günstigen Zustand keineswegs erhalten konnten. Die Schleuse muſste an derselben Stelle, wo eine übermäſsige Auskolkung erfolgt war, wieder erbaut werden. Ein Bétonbette, das in einzelnen Theilen über 20 Fuſs stark war, bildete die Fundirung. Die Anordnung der Schleuse blieb unverändert dieselbe wie früher, woher die angegebenen Dimensionen sich auch auf den neuen Bau beziehn.

Endlich im Sommer 1856 war die Schleuse fertig geworden, und gerade damals stellte sich das Bedürfniſs zur Verbesserung des Hafens um so dringender heraus, als nunmehr die Dampfböte nach England sich an die Eisenbahnzüge anschlieſsen sollten. Die Spülvorrichtungen waren indessen inzwischen auch in andrer Weise noch wesentlich verbessert worden, so daſs nunmehr bedeutend gröſsere Effecte als früher erreicht werden konnten. Vorzugsweise kam jetzt das Fahrwasser auſserhalb des Hafens in Betracht, da man im Hafen-Canal durch Baggern die nöthige Tiefe darstellen konnte, was jedoch stets entbehrlich war.

Fig. 135 zeigt das Längen-Profil des Fahrwassers vor der Hafenmündung, und zwar in der Richtung der Mittellinie gemessen. Die nur aus Punkten bestehende Linie giebt die Tiefen an, die am 16. Juni 1856, also vor der ersten Spülung, vorhanden waren. Um die Ablagerungen und deren Ausdehnungen noch deutlicher darzustellen, sind in Fig. 136 bis 139 Situations-Zeichnungen derselben mit Angabe der Tiefen-Linien beigefügt. Diese vier Aufnahmen, so wie auch das Längen-Profil Fig. 135, beginnen vor den Köpfen der Hafendämme, die auf denselben auch jedesmal angedeutet sind, und dehnen sich so weit zu beiden Seiten der Mittellinie aus, als die Wirkung des Spülstroms sich noch bemerklich machte. Die Tiefen zur Zeit des Niedrigwassers bei gewöhnlichen Springfluthen sind durch verschiedne Schraffirungen

Digitized by Google

und zwar in Abstufungen von ein halb zu ein halb Meter oder 1,6 Fufs bezeichnet. Fig. 136 weist diese Ablagerungen nach, wie sie vor dem Beginn der Spülungen sich gebildet hatten, sie entspricht also der punktirten Linie in Fig. 135. Es ergiebt sich, dafs in geringem Abstande vor der Hafenmündung die Wassertiefe nur etwa 1 Fufs betrug, und die Situations-Zeichnung zeigt, dafs hier in geringem Abstande von der Mittellinie, und zwar auf der östlichen Seite, der Sand sogar trocken lag.

Nunmehr wurden neun Spülungen vorgenommen, bei deren Beginn in der Schleuse die nachstehenden Niveau-Differenzen zwischen den Wasserständen im Spülbassin und im Vorhafen beobachtet wurden:

22. Juni	. . . .	14 Fufs
23. Juni	. . . .	14 1/4 -
4. Juli	. . . .	14 1/4 -
5. Juli	. . . .	15 1/4 -
20. Juli	. . . .	15 1/4 -
21. Juli	. . . .	18 1/2 -
3. August	Morgens	14 3/4 -
3. August	Abends .	17 3/4 -
18. August	. . .	15 1/4 -

Die hierdurch veranlafste Umgestaltung des Fahrwassers zeigt Fig. 137 in der Situation, und das Längen-Profil weist dieselbe in der zweiten Linie nach, die abwechselnd durch einen Punkt und einen Strich markirt ist. Die hohe Ablagerung vor der Hafenmündung war in grofser Breite und Tiefe durchbrochen, oder vielmehr weiter seewärts geschoben. Etwa 80 Ruthen von den Köpfen der Hafendämme entfernt hatte sich jedoch eine neue Bank gebildet, die noch nicht 2 Fufs unter Wasser lag, auch zeigt das Profil, wie in gröfserer Tiefe die Sandmasse weiter hinaus gerückt ist.

Die nächsten acht Spülungen vom 2. September bis zum 3. October geschahen durchschnittlich bei etwas gröfsern Niveau-Differenzen.

Hierauf hatte sich, wie die Situation Fig. 138 zeigt, das Fahrwasser über die ganze Sandbank fort in sehr gerader Richtung ausgebildet, und nur unmittelbar vor der Hafenmündung befand sich darin eine flachere Stelle, während zwei solche auch weiter-

Digitized by Google

hin, und zwar auf der östlichen Seite, noch geblieben waren. In dem Längen-Profil Fig. 135 ist die Sohle des Fahrwassers, wie dasselbe sich nunmehr gestaltet hatte, durch die mit kurzen Strichen bezeichnete Linie dargestellt.

Die folgenden siebenzehn Spülungen vom 19. October bis 12. Februar 1857, die jedoch während des Novembers und grofsentheils auch während des Decembers durch starke nördliche Winde unterbrochen waren, führten endlich zu so günstigen Resultaten, wie solche hier überhaupt nur zu erreichen waren. Sie erfolgten bei eben so grofsen Niveau-Differenzen.

Fig. 139 zeigt die Verbesserung des Fahrwassers, welche diese Spülungen verursacht hatten. Das Längen-Profil Fig. 135 giebt in der ausgezogenen Linie dieselben zu erkennen. Nach dem letztern war nunmehr überall die Tiefe von $4^1/_2$ Fufs unter Niedrigwasser bei gewöhnlichen Springfluthen dargestellt. Das Fahrwasser hatte zugleich an Breite zugenommen und namentlich war die auf der Westseite vortretende Untiefe stark angegriffen. Das Längen-Profil giebt aufserdem zu erkennen, dafs in der Zwischenzeit vom 5. October 1856 bis zum 17. Februar 1857 die Sandablagerung sich nicht weiter vorgeschoben hatte, sondern im Gegentheil zurückgetreten, oder der vordere Theil derselben vielmehr von dem Wellenschlage und der Küstenströmung fortgetrieben war.

Dieser günstige Erfolg hatte jedoch nicht vollständig einen dauernden Bestand, denn die fünfzehn darauf folgenden Spülungen konnten nicht die inzwischen eingetretenen neuen Verflachungen ganz beseitigen, vielmehr hatte nach der im Juni 1857 vorgenommenen Messung das Fahrwasser stellenweise wieder um mehr als 1 Fufs an Tiefe verloren.

Während des Winters von 1856 auf 1857 nahmen die Ablagerungen keine gröfsere Höhe und Ausdehnung an, weil sie der vollen Einwirkung der West-Stürme ausgesetzt waren. Letztere veranlassen, insofern dabei zugleich heftige Strömungen von Westen nach Osten eintreten, einen kräftigen Angriff des Fufses der Sandbänke. Die gelösten Massen werden alsdann in östlicher Richtung fortgetrieben. Während der Monate März, April und besonders im Mai sind dagegen die Ostwinde an dieser Küste die vorherrschenden, und bei diesen ist die Küstenströmung nicht gegen

Digitized by Google

die Sandbänke gerichtet. Letztere dehnen sich also weiter aus, und mit ihnen bilden sich höhere Ablagerungen in solchem Abstande von der Hafenmündung, dafs der Spülstrom darauf nicht mehr kräftig einwirken kann. Die Springfluthen der Herbst-Aequinoctien, wobei die gröfsten Fluthwechsel eintreten, sind daher zum Spülen am günstigsten.

Die Spülvorrichtungen beschränken sich hier keineswegs allein auf die beschriebene grofse Spülschleuse *L*, vielmehr ist eine solche von 16 Fufs lichter Weite auch noch in dem Schiffahrts-Canal, und zwar nahe vor seiner Mündung in den Vorhafen bei *M* erbaut. Dieses ist die sogenannte Citadellen-Schleuse, die mit dem einfügeligen Spülthor geschlossen wird, das schon oben (§ 45 und Fig. 130) beschrieben wurde. Das zu ihr gehörige Spülbassin wird durch den untern Theil des anschliefsenden Schiffahrts-Canals, nebst den damit in Verbindung stehenden Festungsgräben gebildet, dasselbe kommt aber an Ausdehnung nicht entfernt dem Bassin der ersten Spülschleuse gleich. Damit der Wasserspiegel in der ganzen Canalhaltung sich nicht zu tief senken, noch auch später das Fluthwasser in dieselbe hineintreten kann, welches die Culturen beeinträchtigen würde, so ist weiter aufwärts, etwa in der Entfernung von einer Viertel-Meile eine andre Schleuse erbaut, die in dem weiter aufwärts belegenen Theil des Canals den Wasserstand zurückhält.

Die zweite Spülschleuse dient vorzugsweise zur Vertiefung des hintern Theils des Vorhafens, aufserdem lenkt sie den Spülstrom aus der ersten Schleuse, wenn sie mit dieser gleichzeitig in Thätigkeit gesetzt wird, etwas westwärts, also nach der Mittellinie des Hafen-Canals. Sie hat aber noch einen andern Zweck. Wenn nämlich die Schleuse *L* allein geöffnet würde, so müfste das aus ihr austretende Wasser auch den hintern Theil des Vorhafens füllen, und durch die alsdann sich bildende, rückwärts gekehrte Strömung würde der Effect der Spülung wesentlich geschwächt werden. Wenn man dagegen zuerst die Citadellen-Schleuse, die Hauptschleuse aber nicht früher öffnet, als bis jene vor dieser bereits eine kräftige ausgehende Strömung dargestellt hat, alsdann wendet sich der Strom von dieser sogleich der Hafenmündung zu.

Die Citadellen-Schleuse ist sehr schräge und beinahe recht-

Digitized by Google

winklig gegen den hintern Theil des Vorhafens gerichtet. Der daselbst austretende Strom trifft daher unmittelbar das gegenüber liegende Ufer. Um ihn einigermafsen von hier abzulenken, ist auf der andern Seite bei *N* noch eine dritte Spül-Vorrichtung angebracht, die aus dem grofsen Spülbassin gespeist wird und in einem überwölbten Canal besteht, den ein Schütz schliefst.

Diese verschiedenen Anlagen erhalten zwar in dem Vorhafen und dem Hafen-Canal so vollständig die Tiefe, dafs Baggerungen daselbst entbehrlich sind, nichts desto weniger stellt sich keineswegs eine gleichmäfsige Tiefe überall dar, vielmehr treten die Sandablagerungen bei der Ebbe an manchen Stellen zu Tage, während andre so tief unter Wasser bleiben, dafs selbst gröfsere Schiffe daselbst liegen können, ohne den Grund zu berühren. Vor dem scharf concaven Ufer zwischen dem Vorhafen und dem Hafen-Canal und selbst vor dem Kai, welches den ersten von dem Paradis-Hafen trennt, können die Dampfböte gewöhnlich anlegen. Dieser Platz war auch vorzugsweise für dieselben bestimmt, insofern er sich in der unmittelbaren Nähe des Bahnhofs befindet. Eine etwas geringere Tiefe, und zwar von 6 Fuss beim kleinsten Wasser, erhält sich dauernd an derjenigen Stelle des östlichen Hafendamms, die mit *HI* bezeichnet ist und von dem Haupt-Spülstrom vorzugsweise getroffen wird. Der Hafendamm ist daher hier für den Verkehr verbreitet und erhöht. Hier legen die Dampfböte an, wenn sie bei niedrigem Wasser einkommen oder ausgehn.

Gegenüber dieser tiefen Rinne hat sich eine hohe Sandbank *F*, le banc du diable, gebildet, die vom Spülstrom nicht angegriffen wird. Weiter aufwärts bis zur grofsen Spülschleuse ist der Schlauch so tief, dafs gröfsere Schiffe während des niedrigen Wassers daselbst vor Anker liegen.

Aufser den bisher erwähnten Spülungen sind noch einige andre eingerichtet, die zum Theil nur den Zweck haben, die Anlegestellen der Fahrzeuge vor den Kaimauern vor Verflachung zu sichern. So ergiefst sich durch drei überwölbte Canäle *P* das Wasser aus dem Festungsgraben in den Paradis-Hafen. In gleicher Weise wird auch der Flotthafen auf der südlichen Seite bei *Q* aus dem Festungsgraben und auf der nördlichen Seite bei *R*

Digitized by Google

aus dem grofsen Bassin gespült. Diese Oeffnungen sind durch Schütze geschlossen.

Es bleibt noch übrig, die sonstigen Anlagen und Einrichtungen in diesem Hafen kurz zu beschreiben *).

Die Annäherung an den Hafen wird dem Schiffer durch die beiden Küstenfeuer erster Ordnung auf Cap Grisnez und in Calais bezeichnet. Ersteres, gegenwärtig elektrisches Licht, brennt 188 Fufs über den höchsten Fluthen, und verschwindet nahe vollständig von 30 zu 30 Secunden. Das Feuer in Calais brennt auf dem bei *S* in der Situations-Zeichnung angegebenen Thurm 184½ Fufs über den höchsten Fluthen. Von 4 zu 4 Minuten blitzt es besonders hell auf, während eine kurze Verdunkelung dem Blick folgt und vorangeht. In der übrigen Zeit zeigt es sich in derjenigen Stärke, welche der gleichmäfsigen Verbreitung der Strahlen um den ganzen Horizont entspricht.

Aufserdem ist nahe eine Meile ostwärts vom Hafen die am weitesten vortretende Ecke des Strandes durch ein kleines, auf eisernen Stützen ruhendes Feuer, phare du Walde, bezeichnet. Dieses ist nur III. Ordnung und zeigt von 20 zu 20 Secunden rothe Blicke. Endlich liegt noch ein Feuerschiff mit 2 festen weifsen Lichten neben der Bank Out-Ruytingen, Gravelines gegenüber.

Um die Lage der Hafenmündung dem ankommenden Schiffer kenntlich zu machen, brannte früher auf dem Fort rouge ein rothes Licht. Nach Verlängerung der Hafendämme war es aber nothwendig, dasselbe weiter hinauszurücken. Zu diesem Zweck sind auf beiden Molenköpfen kleine Thürmchen errichtet, die rothes und weifses Licht zeigen, jedoch nur angezündet werden, so lange das Wasser 8 Fufs über Null oder darüber steht. Daneben befinden sich Signal-Vorrichtungen, wodurch bei Tage der jedesmalige Wasserstand bezeichnet wird. Es geschieht indessen zuweilen, dafs wegen heftigen Wellenschlags die äufsern Theile der Hafendämme nicht betreten und daher die Feuer nicht angezündet werden können. In solchen Fällen wird der kleine

*) Die im Folgenden enthaltenen Notizen, und namentlich die speciellen Maass-Angaben, sind zum Theil entnommen aus dem sehr wichtigen Werke „Ports maritimes de la France." Tome I. Paris 1874.

Digitized by Google

Thurm auf Fort rouge wieder benutzt. Die Thürme auf den Hafenköpfen bestehn aus Eisenblech, und auf dem östlichen befindet sich eine grofse Glocke, die als Nebel-Signal benutzt wird, und im Brennpunkt einer gufseisernen parabolischen Scheibe hängt.

Die Hafendämme sind streckenweise sehr verschiedenartig construirt. Zum Theil darf man sie kaum Dämme nennen, da sie nur aus durchsichtigem Holzbau bestehn. Dieses ist vorzugsweise bei dem etwa 6 Ruthen langen östlichen Kopf der Fall, unter dem sich nur bis zur Höhe des niedrigsten Wassers eine Faschinen- und Steinpackung befindet. Dasselbe gilt auch von der 108 Ruthen langen, sich hieran anschliefsenden Strecke (bis zum Punkt *H*), neben der aber seeseitig ein Steindamm liegt, dessen Krone sich 16 Fufs über Null, oder Niedrigwasser bei Springfluthen, erhebt und sich landwärts so weit erstreckt, bis der Strand diese Höhe erreicht. Demnächst folgt der 58 Ruthen lange und gegenwärtig nahe 50 Fufs breite, schon im vorigen Jahrhundert gebaute Theil, aus einer geschlossenen Holzkiste bestehend, die mit Steinen gefüllt ist, und sich über das höchste Wasser erhebt. Darüber befindet sich eine Brücke, die auf beiden Seiten mit Handlehnen eingefasst ist. Diese Brücke ist in neuerer Zeit noch mit einem Geleise versehn, damit die mit dem Dampfboot ankommenden Reisenden unmittelbar auf die Eisenbahn gelangen können. Wegen des wechselnden Wasserstandes mufsten aber in verschiednen Höhen drei Brücken angebracht werden, die durch Treppen mit einander verbunden sind. Diese Anlegestelle befindet sich auf der Hafenseite zwischen *H* und *I*. Der kleine Ausbau, den die Zeichnung auf der Seeseite zeigt, dient zur Lootsenwache. Die letzte, 40 Ruthen lange Strecke, ist von derselben Construction, nur hat sie geringere Breite.

In den Jahren 1858 und 1859 hat man diesen Damm unter Beibehaltung seiner Richtung noch landeinwärts verlängert. Er besteht hier aus durchsichtigem Pfahlwerk und trennt das dahinter liegende Bassin von dem Hafen. Dieses Bassin dient theils zur Abstillung des Wellenschlags, wovon bereits § 33 die Rede war, theils können aber auch durch eine weitere Oeffnung Schiffswracke eingebracht, und darin zur Verwerthung des Holzes auseinandergenommen werden. Die Eisenbahn, die vom Bahnhof aus über eine durch dieses Bassin gelegte Brücke auf den öst-

Digitized by Google

lichen Damm führt, ist in der Figur durch die starke Linie bezeichnet.

Der äufsere, 64 Ruthen lange Theil des westlichen Hafendamms ist in gleicher Weise wie der gegenüberliegende in durchsichtigem Holzwerk ausgeführt und gleichfalls auf der Seeseite durch einen niedrigen Steindamm geschützt. An diesen schliefst sich auf 62 Ruthen bis zur Grenze des Hochwassers eine mit Steinen gefüllte Kiste an, die in der Krone $7\frac{1}{2}$ Fufs breit ist. Schon früher hatte man diese Kiste bei *E* mehrfach unterbrochen, und durch die so gebildeten Oeffnungen mufsten die ohne Ladung ausgehenden Schiffe den Ballast vom Strande entnehmen, um hier eine zu starke Anhäufung des Sandes zu verhindern. Im Jahr 1856 wurde aber ein $16\frac{1}{2}$ Fufs breiter kleiner Canal hindurchgeführt, auf dem in flachen Prahmen bei passendem Wasserstande der Ballast den im Hafen liegenden Schiffen zugefahren wird.

Auf dem Kopf jedes Hafendamms befindet sich eine kräftige Winde, womit die Schiffe angeholt werden. Die starke Küstenströmung erschwert nämlich das Einlaufen um so mehr, als die Schiffe dieser nicht entzogen werden, wenn sie auch bereits zwischen den Dämmen liegen. Letztere sind nämlich, wie schon erwähnt, noch nicht bis zur halben Fluthhöhe massiv, und das höhere Wasser fliefst quer durch den vordern Theil des Hafens in der Richtung der Küstenströmung. Diese Anordnung ist dem Verkehr sehr nachtheilig, und die Schiffe müssen daher beim Ein- und Auslaufen möglichst die kurze Zwischenzeit wahrnehmen, in welcher die östliche Strömung in die westliche umsetzt.

Die Fahrrinne in der Barre vor der Hafenmündung hat bei gehörigem Gebrauch der Spülschleuse gewöhnlich die Tiefe von etwa 5 Fufs unter Niedrigwasser, doch vermindert sich dieselbe bei anhaltenden Ostwinden bis auf 3 Fufs. Ihre Richtung ist gegen die der Hafenstrafse 6 bis 10 Grade nach Osten gekehrt. Der Abstand der beiden Hafendämme von einander mifst 320 Fufs, Vertiefung durch Baggern ist hier entbehrlich, da der Spülstrom das Fahrwasser offen erhält, doch liegt dauernd bei *F* eine Untiefe, die man auch nicht beseitigen mag, um gegenüber, wo die Dampfböte anlegen, eine solche Tiefe zu erhalten, dafs diese bei der Ebbe den Grund nicht berühren.

Der Vorhafen vom Flotthafen bis zu den Hafendämmen ist

Digitized by Google

190 Ruthen lang, und durchschnittlich 225 Fuſs breit, seine Fläche mifst $22^1/_2$ Morgen. Er ist mit Einschluſs des Paradies-Hafens mit massiven Kais eingefafst, deren ganze Länge 5900 Fuſs beträgt, und zwar sind davon 4550 Fuſs zum Anlegen von Schiffen zu benutzen. Vor dem Eingange in den Flotthafen bei *T* befindet sich eine Kielbank, oder eine auf Pfählen ruhende und mit Bohlen abgedeckte Rüstung, die nur wenig über gewöhnlichem Niedrigwasser liegt. Schiffe, die einer geringen Reparatur bedürfen, führt man bei Hochwasser darüber. Während der Ebbe stehn sie alsdann ganz trocken, so dafs sie vollständig besichtigt, gereinigt, auch wohl kleine Ausbesserungen daran vorgenommen werden können.

Der Flotthafen oder das Dock ist 67 Ruthen lang, 20 Ruthen breit und umfafst $7^1/_2$ Morgen in seiner Fläche. Von den umgebenden Kais dienen 1640 laufende Fuſs als Anlegestellen für Schiffe. Dieser Hafen wurde 1869 durch Dampfbagger bis zur Höhe der Schlagschwelle der Eingangsschleuse oder bis 2 Zoll unter Niedrigwasser bei Springfluthen ausgetieft. Die Schleuse ist eine Dockschleuse ohne Kammer und nur in einem Haupt bestehend. In diesem befindet sich aber aufser dem einen Paar Ebbethore, die das Hochwasser zurückhalten, noch ein Paar Strebethore, die vorzugsweise die erstern unterstützen, damit sie bei der grofsen Weite der lichten Oeffnung von 54 Fuſs 2 Zoll, im Beginn der Ebbe das Auf- und Zuschlagen verhindern, theils dienen sie aber auch dazu, bei besonders hohen Fluthen die Thore noch geschlossen zu halten, damit die Kais im Dock nicht unter Wasser treten. Sie sollen einen um etwa 3 Fuſs höheren äufseren Wasserstand noch sicher abhalten und das Aufgehn der Thore verhindern. Im Folgenden werden diese Strebethore näher beschrieben werden.

Am Ende des Flotthafens, oder an seiner westlichen Seite, wird derselbe von einer geneigten Rampe begrenzt, die für die Reparatur der Schiffe bestimmt ist. Von einem Privatmann ist daneben auch eine Kielbank erbaut, die jedoch höchst unbequem und für gröfsere Schiffe nicht nutzbar ist, weil sie zu steil ansteigt. Ueberhaupt wird es als ein sehr fühlbarer Mangel empfunden, dafs in dem Hafen von Calais für Reparatur gröfserer Schiffe nicht genügend gesorgt ist.

Digitized by Google

Was endlich die Entwässerung der anschliefsenden Niederungen betrifft, so erfolgen diese durch Siele sowol in den Vorhafen durch die Citadellen-Schleuse (bei *M*), wie auch in das Spülbassin. So oft jedoch gespült werden soll, mufs die Entwässerung unterbrochen werden.

Es mögen nunmehr noch einige Mittheilungen über den etwa 4 Meilen westlich von Calais belegenen Hafen Boulogne gemacht werden, der gleichfalls durch Dampfböte, die sich an Eisenbahnzüge anschliefsen, mit der englischen Küste, nämlich mit dem Hafen Folkestone verbunden ist. Diese Verbindung ist sogar die nächste zwischen Paris und London, und wenn der Canal hier auch breiter, also der Wasserweg länger als zwischen Calais und Dover ist, so pflegt die See hier doch meist ruhiger zu sein, woher viele Reisenden diese Tour vorziehn.

Der Fluthwechsel bei gewöhnlichen Springfluthen beträgt in Boulogne 25 Fufs, bei todten Fluthen dagegen nur 15 Fufs. Die Mündung des Hafens ist nach Nord-West gerichtet, während südwestliche Winde hier die häufigsten und heftigsten sind.

Boulogne wurde vom Römischen Feldherrn Quintus Pedius 50 Jahre vor dem Beginn unserer Zeitrechnung gegründet, und hiefs Bononia. Der daselbst ausmündende Flufs, die Liane, mufs schon in damaliger Zeit einen brauchbaren Hafen gebildet haben, denn unter dem Kaiser Caligula wurde hier ein Leuchtthurm erbaut, der sich sehr lange erhielt und erst im Jahre 1644 beim Zurückweichen des Strandes von der See zerstört wurde. Ueber sonstige Anlagen zur Einrichtung und Sicherung des Hafens ist bis zum vorigen Jahrhundert nichts bekannt. Ums Jahr 1740 wurden auf den davor liegenden Kreideklippen zu beiden Seiten der Flufsmündung kurze Hafendämme erbaut.

Als Napoleon I. im Jahr 1800 eine Landung in England beabsichtigte, bestimmte er Boulogne zum Ausgangspunkt der Flotte. Die beiderseitigen Ufer der Liane wurden damals in grofser Ausdehnung mit hölzerner Bohlwerken eingefafst und auf der westlichen Seite des Flusses fing man an, ein grofses halbkreisförmiges Bassin auszugraben, dessen diametrale Seite 162 Ruthen lang und nur durch ein Kai vom Flufs getrennt war. Dasselbe sollte vorzugsweise die Kriegsflotte aufnehmen, während man einen Theil derselben in einen zweiten Flotthafen im Bette

Digitized by Google

der Liane verlegen wollte, nachdem dieses durch einen Damm, worin eine Dockschleuse zu erbauen, abgeschlossen wäre. Dieses zweite Bassin sollte aber zugleich zum Spülen des Vorhafens benutzt werden. Die Situations-Zeichnung Fig. 145 *B* auf Taf. XXX zeigt bei *O* die Lage dieser ältern, im Jahr 1804 erbauten Spül- und Dock-Schleuse, deren Pfeiler gegenwärtig eine Brücke tragen. In dieser Zeichnung sind die Grenzen des Wasserstandes in der Art angegeben, wie dieselben bei den höchsten Fluthen sich darstellen. Bei den niedrigsten Ebben bleiben dagegen im Vorhafen und im Spülbassin nur diejenigen tiefen Stellen mit Wasser gefüllt, welche in der Zeichnung mit Schraffirung umgeben sind.

Der erste Flotthafen oder jenes grofse Seitenbassin wurde indessen damals keineswegs vollständig dargestellt, es blieb vielmehr lange Zeit hindurch nur eine mit dem Vorhafen in freier Verbindung stehende Wasserfläche, die bei jeder Ebbe trocken lief, und worin man nur Fischerböte und andre kleine Fahrzeuge liegen sah. Endlich im Jahr 1829 wurde die Regierung wieder auf diesen Hafen aufmerksam, und seitdem ist er nach und nach wesentlich verbessert.

In der Mündung des Hafens treten zwei Dämme in die See. Der südwestliche, der im Ganzen 186 Ruthen lang ist, von dem jedoch 53 Ruthen gegenwärtig Ufereinfassung bilden, besteht aus Holzkisten, die bis zum höchsten Wasserstande mit Steinen gefüllt und überbrückt sind. Der nordöstliche ist auf 57 Ruthen Länge, nämlich bei *I*, in gleicher Weise construirt, er setzt sich aber auf 81 Ruthen bis *L* als niedriger Steindamm mit durchsichtiger Holzüberbrückung fort. 1835 hat man, um den Spülstrom besser zusammenzuhalten, den niedrigen Steindamm noch bis *G* um 120 Ruthen verlängert. Obwohl das äufsere Ende desselben durch eine weit sichtbare Buoye bezeichnet ist, so wird dennoch dieser Damm, der bei Hochwasser hoch überfluthet und von dem heftigen Küstenstrom zugleich überströmt wird, vielfach als gefährlich angesehn. Im Uebrigen ist die Einfahrt in den Hafen sehr günstig, da der erste Damm die Schiffe, sobald sie den Kopf desselben erreicht haben, dem Küstenstrom entzieht. Aus diesem Grunde wird der Hafen vielfach als Nothhafen benutzt.

Zur Bezeichnung seiner Einfahrt brennt auf dem nordöst-

Digitized by Google

lichen Damm bei *L* ein rothes Licht, auf dem südwestlichen dagegen bei *B* sind zwei Feuer unter einander angebracht. Das obere derselben wird bei halber Fluth angezündet und bei halber Ebbe ausgelöscht, während zur Zeit des Hochwassers zugleich das untere Licht brennt.

Die Hafenstrafse zwischen den Dämmen ist 220 Fufs weit, und die Sohle der durch Spülung eröffneten Rinne liegt 3 Fufs unter dem bekannten niedrigsten Wasser. Vor der Mündung im Uebergange über die Barre ist die Tiefe jedoch etwa 6 Fufs geringer, und diese Untiefe ist auch durch den Spülstrom nicht zu beseitigen. Als nach Eröffnung der Eisenbahn von Paris nach Boulogne der Dienst der Dampfschiffe in der Art eingerichtet werden sollte, dafs diese unabhängig von der Fluth, an bestimmter Tagesstunde sich an die Züge anschliefsen sollten, entstand die Frage, wie die erwähnte Untiefe zu beseitigen sei, und es wurde zunächst vorgeschlagen, die Hafendämme wieder zu verlängern. Der Ober-Ingenieur Béguin wies indessen aus den Archiven der Stadt nach, dafs ohnerachtet aller nach und nach vorgenommenen Verlängerungen seit dem Jahr 1695 diese Untiefe, wenn auch weiter hinausgeschoben, doch niemals beseitigt oder vermindert sei, dafs aber, abgesehn von den zwecklos verwendeten Kosten, durch die übermäfsige Verlängerung der Dämme der Hafen nur gelitten habe. Einen gleichen Erfolg müsse man bei Ausführung dieses Projects wieder erwarten. Hiernach gab man diese Idee auf, versuchte aber noch durch Aufräumung des Fahrwassers zwischen den Dämmen die Wirkung des Spülstroms auf die Barre zu verstärken. Namentlich wurde, als ich 1863 dort war, eine vor der Dünen-Batterie belegne sehr feste Mergelbank ausgebrochen. Der bekannte Bau-Unternehmer A. Castor, dem diese Arbeit übertragen war, benutzte dazu einen besonders stark construirten eisernen Dampfbagger. Gewöhnlich brachten die Eimer kein Material herauf, doch zuweilen auch kleinere Stücke und nicht selten grofse Blöcke, die nicht in den Eimern, sondern auf diesen und der Kette lagen. Beim Lösen derselben von der zusammenhängenden Masse tauchte der Bagger wohl 1 Fufs tiefer ein, und sprang alsdann plötzlich in die Höhe. Auch das Herabstürzen der Klumpen aus der grofsen Höhe setzte die Prahme in augenscheinliche Gefahr. Nichts desto weniger war

Digitized by Google

die Arbeit dennoch bedeutend wohlfeiler, als wenn man die Baugrube mit Fangedämmen umschlossen und während der kurzen Zeit des niedrigen Wassers den Mergel gesprengt hätte.

In der Erwartung, dafs es gelingen würde, ein hinreichend tiefes Fahrwasser darzustellen, wurden damals auch in verschiedenen Höhen drei Landebrücken vor dem nordöstlichen Damm bei *H* ausgeführt, doch ging diese Erwartung nicht in Erfüllung, und häufig mufs das Dampfboot vor dem Hafen und aufserhalb der Barre bleiben, indem die Reisenden mit ihrem Gepäck wie auch die Post in Böten zugeführt oder abgeholt werden.

Vor der südwestlichen Mole befindet sich ein etwa 8 Morgen haltendes Seitenbassin *K*, mit einer durchsichtigen Holzwand geschlossen, das zur Mäfsigung der Wellenbewegung dient (§ 33). Dasselbe ist mit der zur Ausbesserung und zum Neubau bestimmten Schiffsbaustelle verbunden. Unmittelbar neben der letzten befindet sich der Eingang zu dem grofsen Flotthafen oder Dock, der an derselben Stelle liegt, wo im Anfange dieses Jahrhunderts die Anlage des halbkreisförmigen Bassins begonnen wurde. Derselbe hat indessen eine andre durch gerade Linien begrenzte Form erhalten. Er ist 93 Ruthen lang und durchschnittlich halb so breit. Seine Fläche mifst 27 Morgen. Massive Kais umgeben ihn. In den Ecken befinden sich Treppen, auch ist eine Rampe *M* darin angebracht zum Aufziehn des Holzes, da die Einfuhr von Balken und Bohlen aus der Ostsee für Boulogne einen wichtigen Handels-Artikel bildet. Die Kammerschleuse, die diesen Hafen mit dem Vorhafen verbindet, ist 67 Fufs weit und 320 Fufs lang. Es können sonach die gröfsten Schiffe durch dieselbe hindurchgehn, und zwar, wenn im Vorhafen bereits das Wasser etwas gesunken ist, oder noch nicht den Wasserstand im Dock erreicht hat. Beide Thorpaare schlagen nach innen auf, um das Hochwasser im Dock zurückzuhalten; damit aber ungewöhnlich hohe Fluthen nicht eintreten, so befindet sich vor jedem Flügel ein Strebethor. Ursprünglich sollte zu demselben Zweck im Eingange der Schleuse noch ein Paar Fluth-Thore angebracht worden, doch sind diese noch nicht zur Ausführung gekommen.

Der Vorhafen ist von den Wurzeln der Hafendämme bis zu den Flügeln der gegenwärtigen Spülschleuse bei *N* 240 Ruthen

Digitized by Google

lang und 25 bis 50 Ruthen breit. Er ist rings mit Kaimauern umgeben und an der westlichen Seite, unmittelbar vor dem mit Mauern eingefafsten Damm, worin die Spülschleuse liegt, ist in gleicher Weise wie in Calais in der Höhe des gewöhnlichen Niedrigwassers eine nahe 200 Fufs lange Kielbank *P* erbaut, worauf die Schiffe zur Zeit des höchsten Wassers gebracht werden, wenn sie untersucht oder leichte Ausbesserungen daran vorgenommen werden sollen.

An den Vorhafen schliefst sich endlich noch das Spülbassin an, das 260 Morgen umfafst. Der vordere Theil des Bassins, nämlich zwischen der jetzigen und der alten Spülschleuse, der 60 Ruthen lang und 25 Ruthen breit ist, wird, wenn nicht gespült wird, gleichfalls als Flotthafen benutzt. Das Spülbassin ist bis gegen sein oberes Ende mit Kaimauern eingefafst und auf einer 80 Ruthen langen Brücke ist die Eisenbahn nach Calais darüber geführt.

Die Spülschleuse *N*, nur aus einem Haupt bestehend, hat zwei Oeffnungen von 19 Fufs Weite, die durch gewöhnliche Spülthore geschlossen werden. Zwischen diesen befindet sich aber die Dockschleuse von 38 Fufs Weite. Ein Paar Stemmthore schliefst dieselbe, in jedem Flügel der letztern sind aber fünf Schütze angebracht, die beim Spülen gleichfalls geöffnet werden.

§ 48.

Der Hafen von Dover.

In den beiden Häfen an der Englischen Küste, welche mit Calais und Boulogne durch Dampfschiffe verbunden sind, nämlich in Dover und Folkestone, stellte sich in gleicher Weise das Bedürfnifs heraus, unabhängig von Fluth und Ebbe an bestimmten Tagesstunden die Passagiere und Güter von den Schiffen auf die Eisenbahn und umgekehrt übergehn zu lassen. Es mufsten also hinreichend tiefe und zugleich geschützte Anlegestellen für die Dampfböte dargestellt werden. Diese Aufgabe ist indessen hier in ganz andrer Weise gelöst worden, als in den beiden Französischen Häfen. Während man dort, wie vorstehend mitgetheilt,

Digitized by Google

die vorhandenen Häfen durch Spülung zu vertiefen sich bemühte, und auf diese Weise auch nahe das Ziel wirklich erreicht hat, so hat man hier durch einzelne in das Meer hinausgeführte Dämme oder Piers Anlegestellen für die Schiffe gebildet, und indem man zugleich dafür sorgte, dafs diese Bauwerke an beiden Seiten zugänglich waren, so können dieselben auch den nöthigen Schutz gegen den Wellenschlag gewähren, wenn der Wind von Osten oder von Westen kommt.

Bei Vergleichung mehrerer der beiderseitigen Häfen fällt es auf, dafs die Französischen mehr im Innern des Landes liegen, indem man dieselben in natürlichen Buchten einrichtete, während die Englischen durch Erbauung weit vortretender Hafendämme im Meere selbst dargestellt wurden. Es zeigt sich hier derselbe Unterschied, wie im Alterthum zwischen den Römischen und Griechischen Häfen*). Letztere befinden sich in natürlichen geschützten Buchten, die Römischen dagegen zwischen Hafendämmen in der See. Ohne Zweifel haben die örtlichen Verhältnisse vorzugsweise diese Verschiedenheit veranlafst, und in Frankreich giebt die erwähnte Eigenthümlichkeit keineswegs sich allgemein zu erkennen, vielmehr sind auch hier, wie beispielsweise bei Cherbourg und Marseille, durch die grofsartigsten Dammschüttungen geschützte Bassins in der See selbst dargestellt. Die Anlagen von ausgedehnten Spülbassins, die bei den am Canal gelegenen Häfen nothwendig ist, war an der Englischen Küste unmöglich, indem die unmittelbar am Meere sich hinziehenden hohen und steilen Kreideufer nirgend durch weit geöffnete und tiefe Thäler durchbrochen sind. Es wurden freilich auch hier kleinere Spülungen eingerichtet und zum Theil in eigenthümlicher Art angeordnet, woher von denselben gleichfalls die Rede sein mufs. In neuerer Zeit hat man dagegen den Verflachungen in andrer Art, nämlich durch jene einzelnen Dämme, zu begegnen sich bemüht. Ob dadurch wirklich Anlegeplätze geschaffen sind, neben welchem die Tiefe, deren die Schiffahrt bedarf, sich dauernd erhalten wird, ist gewifs eine wichtige Frage. Die bisherigen Erfahrungen geben bereits einige Andeutungen über die zu erwartenden Er-

*) Curtius, in einer Dissertation: Commentatio de portubus Athenarum. Halle 1841, pag. 29.

Digitized by Google

folge, und wenn diese auch noch keineswegs hinreichend ausgedehnt sind, um ein sichres Urtheil über den Vorzug des einen oder des andern Systems zu begründen, so dürfen sie doch nicht unerwähnt bleiben, wenn von der Erhaltung der Tiefe vor den Häfen die Rede ist.

Die Ansichten der beiderseitigen Ingenieure über den Werth der von ihnen befolgten Methoden sind sehr verschieden. Durch die Französische Methode ist die erforderliche Tiefe des Fahrwassers, wenn auch nicht vollständig, doch nahe und zwar vergleichungsweise mit dem Anlagen vor den Englischen Häfen auch mit geringeren Kosten dargestellt. Die Piers an der Englischen Küste werden an ihrer westlichen Seite unbedingt nach und nach verlanden. Man erwartet auch nur, dafs dieses bei Dover erst in später Zukunft geschehn werde. Als die vom Parlament zur Untersuchung der verschiednen Constructions-Arten der Hafendämme im Jahr 1860 niedergesetzte Commission den Ingenieur James Walker hierüber befragte, so erklärte derselbe, dafs die Spülung bei Dover viel wirksamer, als die bei Calais gewesen sei, aber dennoch nicht genügt habe. Diese Aeufserung läfst vermuthen, dafs Walker die Wirkungen bei Calais in letzter Zeit nicht kannte. Der Augenschein zeigte die wesentliche Verschiedenheit der Rinnen, die vor beiden Häfen bei Niedrigwasser noch übrig bleiben.

Bevor die bei Dover ausgeführten grofsartigen Bauten beschrieben werden, mag noch des kleinern benachbarten Hafens Erwähnung geschehn, der in Betreff der Verbindung mit dem Festlande in neuster Zeit sehr wichtig geworden ist. Folkestone war früher nur ein Fischerdorf. Erst seit dem Bau der Eisenbahn von London nach Dover, und namentlich seit der Eröffnung der Dampfschiffahrt nach Boulogne, hat es seine gegenwärtige Bedeutung erhalten.

Bei Folkestone bestand ein kleiner Hafen, der in seiner gröfsten Ausdehnung von Osten nach Westen etwa 80 Ruthen lang und ungefähr halb so breit war. Durch Steindämme, welche ihn auf der östlichen und südlichen Seite begrenzten, war er von dem Meer getrennt. Seine Mündung befindet sich auf der südöstlichen Seite, indem die erwähnten Dämme zwischen sich eine Oeffnung lassen. Im Westen wie im Osten liegen vor dem Hafen

Digitized by Google

ausgedehnte Klippen, die zur Zeit des Niedrigwassers trocken sind. Der Hafen hatte eine sehr gesicherte Lage, auch konnten die Schiffe meist sehr bequem ein- und auslaufen, aber überaus erschwert wurde die Schiffahrt durch den vorbeitreibenden Kies, der nicht nur die Mündung sperrte, sondern auch in den Hafen trat, und hier grofse Ablagerungen bildete, die zum Theil selbst vom Hochwasser nicht überdeckt wurden. Um dieselben einigermafsen an ihrer weitern Ausdehnung zu verhindern, und wenn auch nur ein schmales Fahrwasser offen zu erhalten, hatte man in dem kleinen Flüfschen, Pent genannt, welches von dem hohen Ufer sich in den Hafen ergiefst, vor dem Eintritt in den letztern ein Stauwerk erbaut, und indem man dieses am Ende der Ebbe öffnete, so stellte man eine schwache Spülung dar, deren Wirkung man durch Aufkratzen und selbst durch Abgraben des Kieses zu verstärken suchte.

Der Fluthwechsel beträgt hier bei Springfluthen 15 Fufs, bei todten Fluthen 9 Fufs, wenn man daher die Mündung und die Anlege-Plätze der Schiffe so weit aufräumt, dafs sie beim gewöhnlichen Niedrigwasser nicht ganz trocken werden, so kann man beim Hochwasser Schiffe von 10 Fufs Tiefgang einbringen. Bei der Ebbe stellen sich dieselben aber auf den Grund, und stehn beinahe ganz trocken. Man mufs also dafür sorgen, dafs der Kies an diesen Stellen möglichst horizontal abgegraben wird. Bei Niedrigwasser liegt der ganze Hafen trocken. Ein Flotthafen existirte hier nicht, dagegen war ein Patent-Slip zum Aufbringen und Ausbessern der Schiffe in der nordöstlichen Ecke erbaut.

Im Jahr 1838 wurde die Concession zur Verbesserung des Hafens nachgesucht. Man beabsichtigte, den westlichen Theil des Hafens in einer Breite von etwa 20 Ruthen durch einen von Norden nach Süden gerichteten Damm abzuschliefsen, und dieser Theil sollte sowol Flotthafen, als auch Spülbassin sein. Diese Anlage wurde darauf ausgeführt, und auf dem Damm beginnt die Eisenbahn, die sich auf der viel höher belegenen Station an die Bahn von London nach Dover anschliefst.

Unmittelbar neben der südlichen Hafenmauer befindet sich die Dockschleuse, und aufserdem sind behufs der Spülung einige Oeffnungen in dem Damm angebracht, welche durch Schütze geschlossen werden. Der Vorhafen und die Hafenmündung scheinen

Digitized by Google

indessen durch diesen Bau nicht wesentlich verbessert zu sein, und augenscheinlich entsprach der Hafen in diesem Zustande nicht den Bedürfnissen einer regelmäfsigen Dampfschiffahrt. Schon früher hatte man neben der Hafenmündung in südwestlicher Richtung einen massiven Pier hinausgebaut, den man das Horn nannte. Der Zweck desselben war ursprünglich wohl nur, den Kies vom Hafen abzuhalten, doch hatte er sehr schnell den Kies so vollständig und so massenhaft aufgefangen, dafs der Strand sich auf der westlichen Seite bis an den Kopf des Horns hinzog, und nunmehr vor diesem der Kies wieder in den Hafen trieb. Eine Reihe von Jahren hindurch hatte man das Horn jährlich etwa um 1 Ruthe verlängert, und jedesmal folgte der Strand dem neuen Bau und die Verhältnisse blieben dieselben, die sie früher gewesen waren.

Man überzeugte sich daher, dafs auf diesem Wege keine hinreichend tiefe Anlegestelle für Dampfschiffe zu beschaffen sei. Die Eisenbahn-Gesellschaft schritt daher zu einer andern eigenthümlichen Anlage, und erbaute im Jahr 1860 vom Kopf dieses Piers aus in südöstlicher Richtung aus alten Eisenbahn-Schienen, die zu zwei Gittern verbunden wurden, einen durchsichtigen Damm von 37 Ruthen Länge. Derselbe ist an seinem Kopf noch mit einem kurzen ostwärts gerichteten Flügel versehn, und tritt so weit vor, dafs er die Tiefe von 12 Fufs bei Niedrigwasser erreicht. Auf diesen Damm legte man nunmehr die Eisenbahn, und brachte darunter noch eine zweite Landebrücke an, damit die Reisenden, wenn sie bei Niedrigwasser ankamen, daselbst aussteigen und auf einer Treppe zu den Eisenbahn-Wagen gelangen konnten.

Man war von der Ansicht ausgegangen, dafs durch diesen offnen Damm der Kies hindurchtreiben, also nicht die Anlegestelle verflachen würde. Der Damm liefs indessen nicht nur den Kies, sondern auch die Wellen hindurchgehn, und sonach waren die Dampfböte, wenn sie auch auf der Seite anlegten, die vom Winde abgekehrt war, einer sehr heftigen und gefährlichen Bewegung ausgesetzt. Man hatte gehofft, dafs die auf der westlichen Seite belegenen weit ausgedehnten hohen Klippen diese Bewegung wenigstens bei niedrigeren Wasserständen hinreichend mäfsigen würden, während beim höchsten Wasser die Schiffe in

Digitized by Google

der Nähe der Hafenmündung anlegen könnten. Diese Erwartung bestätigte sich indessen nicht, und man hat später den Damm bis zum niedrigsten Hochwasser mit grofsen Steinen ausgefüllt. Augenscheinlich ist hierdurch die Absicht, den Kies durchtreiben zu lassen, vereitelt, und die Gefahr der Verflachung der Anlegestellen ist keineswegs gehoben.

Der Hafen war ursprünglich dadurch gebildet, dafs man auf seiner südlichen Seite einen Steindamm über den noch unter Wasser liegenden Kies führte. Gegenwärtig lehnt sich auf der Seeseite an denselben ein breites und hohes Plateau, und dieses ist entstanden, indem der von Westen her angetriebene Kies vor dem Horn sich ablagerte. Man hat die Ablagerung aber noch dadurch befördert, dafs man eine Reihe von buhnenartigen Einbauen davor ausführte, die, wie es scheint, immer verlängert werden, sobald der Kies sie überdeckt und vor ihren Köpfen die Tiefe vermindert. Ohne Zweifel haben diese Einbaue auch den Zweck, die kleine Eisenbahn-Station zu sichern, welche sich auf dieser Ablagerung befindet, aber jedenfalls befördern sie wesentlich das weitere Hinausrücken des Strandes, und sind sonach dem Hafen und dem Damm, woran die Dampfschiffe anlegen, nachtheilig. Letzteres würde in geringerem Maafse der Fall sein, wenn man sie weiter westwärts gelegt, also den Kies schon in gröfserer Entfernung von dem Hafen aufgefangen, und hier die Bucht erhalten hätte.

Die Eisenbahn-Station in Folkestone liegt, wie erwähnt, nicht unmittelbar an der Süd-Ost-Bahn, die von London nach Dover führt, vielmehr ist sie über eine Viertel Deutsche Meile davon entfernt, doch ist sie durch eine Zweigbahn mit derselben verbunden. Letztere überschreitet auf einer Drehbrücke die Dockschleuse, verfolgt alsdann den oben erwähnten Damm, und erhebt sich mit starker Steigung, zum Theil auf hohen Bogenstellungen zum Niveau der Hauptbahn.

Eine viel gröfsere Bedeutung, als Folkestone, hat der Hafen von Dover. Derselbe befindet sich an derjenigeni Stelle des Canals, wo dieser die geringste Breite hat. Die Englische Küste nähert sich hier der Französischen bis auf $4^3/_4$ Deutsche Meilen. Gewifs gab dieser Umstand dem Hafen sowol in Bezug auf die Verkehrsverhältnisse, als auch noch mehr in militärischer Be-

Digitized by Google

ziehung, besonders in früherer Zeit, eine grofse Wichtigkeit. Hierzu kam aber noch, dafs die Natur bereits eine Bucht im Ufer gebildet hatte, in welche die Schiffe zwar nur bei Hochwasser einlaufen konnten, worin sie aber gegen westliche Winde geschützt lagen.

Die Ufer bilden hier den Abhang des hohen Plateaus, welches aus Kreide mit eingeschlossenen Lagen von Feuersteinen besteht. Wie sehr dieses in seiner ganzen Höhe durch Regen und Frost, und an seinem Fufs durch den Wellenschlag angegriffen wird, davon ist schon früher die Rede gewesen (§ 13), und zugleich erklärt worden, in welcher Weise die herabstürzende Kreide sich zertheilt und endlich im Wasser schwebend fortgeführt wird, während die Feuersteine am Fufs des Ufers zurückbleiben und, durch Küstenstrom und Wellen in Bewegung gesetzt, vorzugsweise in der Richtung von Westen nach Osten getrieben werden.

Ein kleines Flüfschen, der Dour, ergiefst sich in die Bucht auf der östlichen Seite von Dover. Diese Bucht und der später darin eingerichtete Hafen wird aber nicht nur durch den eintretenden Kies verflacht, sondern es findet darin auch ein starker Niederschlag von Schlamm statt, der in jedem Jahr eine Schicht von 6 bis 9 Zoll Höhe bilden soll. Gewöhnlich enthält das eintretende Wasser in einem Rheinländischen Cubikfufs nur 2,9 Gramme erdiger Theilchen, wenn dagegen zur Zeit der höchsten Fluthen starker Seegang stattfindet, so steigert sich dieser Gehalt bis auf $27\frac{1}{2}$ Gramme, und dieses rührt ohne Zweifel davon her, dafs alsdann die vor dem Ufer liegende Kreide am stärksten angegriffen und so fein zertheilt wird, dafs sie in dem Wasser schwebt.

So lange diese Bucht sich selbst überlassen und ganz ungeschützt war, scheint der Zugang zu ihr eine gröfsere Tiefe gehabt zu haben, als später. Bei südlichen und östlichen Winden traten die Wellen unbehindert hinein, und bei der Ebbe mochte eine starke Strömung durch sie gegangen sein, die neben dem höhern Ufer an der westlichen Seite eine tiefere Rinne offen erhielt. Rennie*) sagt, dafs um das Jahr 1500 John Clark, der Geistliche an dem dortigen Hospital, Maison Dieu, einen Thurm an

*) Theory, formation and construction of harbours. p. 112 ff.

Digitized by Google

der Stelle errichtet habe, wo später das Fort Archcliff angelegt wurde, und in seine Mauern seien Ringe eingelassen worden, um die davor liegenden Schiffe zu befestigen. Der westliche Theil der Stadt, soweit er im Thal liegt, war daher in jener Zeit Liegeplatz für die Schiffe, die hier gegen westliche Stürme geschützt waren, und vielleicht auch hier das tiefste Wasser fanden. Wegen der grofsen Sicherheit wurde diese Stelle das kleine Paradies genannt, und der Name hat sich eben so, wie in Calais, bis auf die neuere Zeit erhalten, indem der kleine, nordwestlich von der jetzigen Hafenmündung belegene Flotthafen, wenn er seitdem auch weit zurückgezogen ist, noch diese Benennung führt.

Bald darauf ging man zu ausgedehnten Bauten über, um einen gesicherten Hafen darzustellen. John Thompson, der Vorsteher des Kirchspiels, legte 1533 Heinrich VIII den Plan zur Abschliefsung des Hafens durch zwei Dämme an der Südseite vor, wodurch den Schiffen auch bei östlichen und südlichen Winden der nöthige Schutz gegen Seegang geboten werden sollte. Der König ging darauf ein, und mit einem Aufwande von 50 bis 80 Tausend Pfund wurden die beiden Dämme ausgeführt, von denen der westliche ungefähr in der Richtung des jetzigen Eisenbahnhofs vom hohen Ufer sich zur gegenwärtigen Hafenmündung hinziehn mochte. Diesem gegenüber setzte sich ein andrer Damm ungefähr in gleicher Richtung weiter ostwärts fort, der, wenn er auch nicht die ganze Bucht umschlofs, doch wahrscheinlich höhere Kies-Ablagerungen erreichte, die sich hier gebildet hatten. Diese Dämme waren 26 Fufs breit und bestanden aus zwei Reihen Pfählen, die mit Pfahlschuhen versehn und oben mittelst Gurtungen und hölzernen und eisernen Zangen verbunden waren. Der freie Zwischenraum wurde mit grofsen Kreideblöcken, die vorzugsweise bei Folkestone gebrochen waren, ausgefüllt. In dem British Museum befindet sich eine alte Zeichnung, welche diese Bauten, wie auch die Küste bei Dover darstellt. Rennie hat dieselbe im Allgemeinen in seinem Werke: Theory etc. of Harbours wiedergegeben, eine vollständige Copie derselben befindet sich aber in dem Journal Engineering *).

In solcher Art gab man schon damals dem Hafen die Be-

*) Engineering 1873. II. pag. 185.

Digitized by Google

grenzung gegen die See, die er auch später behalten hat. Dem Eintritt der Wellen war dadurch freilich, so lange der Damm bestand, vorgebeugt, aber eine unmittelbare Folge davon war auch, dafs die bisherige Bewegung und Strömung des Wassers aufhörte, und nunmehr sowol die Mündnng als auch der Hafen in der nachtheiligsten Weise sich mit Kies anfüllte. Zur Verbesserung des Hafens wurden sogleich Vorschläge gemacht, und nach den Mittheilungen des Ingenieur Redman*) begann im Jahr 1533 ein grofsartiger Bau, der vor dem Hafen eine ausgedehnte Rhede umschlofs. Erst 1583 unter der Königin Elisabeth war dieser Bau beendigt. Der Zugang zur Rhede befand sich auf der östlichen Seite. Der westliche Damm begann ungefähr an derselben Stelle, wo jetzt der Admiralitäts-Pier sich an das Ufer anschliefst, der östliche war 250 Ruthen davon entfernt, und in sanfter Krümmung wand sich der westliche nach dem Kopf des östlichen hin. Diese Bauten, die im Lauf der Zeit vollständig verschwunden sind, deutet die Situations-Zeichnung Fig. 146 *B* auf Taf. XXXI in den Linien *a a* an.

Aufserdem wurden noch im sechszehnten Jahrhundert mehrere wichtige Anlagen gemacht, welche dem Hafen seine gegenwärtige Gestaltung im Allgemeinen gaben. Bei der starken Ablagerung des Kieses fand der Dour keinen freien Abflufs mehr, er ergofs sein Wasser in das abgeschlofsne natürliche Becken, der Pent genannt, das auch heutiges Tags noch diesen Namen führt, und jetzt den östlichen Flotthafen bildet. Durch dieses Bassin wurde im Jahre 1583 ein Querdamm aus Faschinen, Kies und Kalksteinen aufgeführt, der den östlichen Theil oder den grofsen Pent von dem westlichen oder dem kleinen Pent trennte. Letzterer wurde noch durch einen zweiten eben so construirten Damm von dem Vorhafen geschieden. Diese Trennung besteht noch, wie Fig. 119 auf Taf. XXI zeigt. Die Mittheilungen, die Rennie über diese Anlagen macht, lassen nicht sicher erkennen, zu welchem Zweck diese Zerlegung des Hafens in einzelne Theile vorgenommen wurde, und ob die für den Durchgang der Schiffe bestimmten Oeffnungen in den Dämmen durch Schleusen geschlossen waren. Es wird nur erwähnt, dafs aus dem kleinen

*) Engineering 1873. II. pag. 130.

Digitized by Google

Pent ein Canal mit einer Spülschleuse nach dem Paradies-Hafen gezogen, und letzterer durch die hindurchgehende Strömung gereinigt wurde.

Im Jahre 1594 führte man die Köpfe der beiden Hafendämme etwas weiter seewärts hinaus, um über die Kiesbank fort ein tieferes Fahrwasser zu bilden, also schon in damaliger Zeit hoffte man von der Verlängerung der Molen denselben günstigen Erfolg, den man später von solchen erwartete. 1597 wurde, wie Rennie mittheilt, eine Schleuse, also wohl eine gewöhnliche Schiffsschleuse, von 16 Fufs Weite und 80 Fufs Länge zwischen dem kleinen Pent und dem Vorhafen erbaut, die zugleich als Spülschleuse zur Vertiefung des letztern benutzt sein soll. Der Paradies-Hafen, in welchem die Spülung wohl wenig von Erfolg gewesen war, hatte sich damals schon so verflacht, dafs gröfsere Schiffe nicht mehr hineingebracht werden konnten.

Während einer langen Zwischenzeit scheinen keine wesentlichen Aenderungen oder Verbesserungen ausgeführt zu sein, obwohl über den Verfall des Hafens wiederholentlich geklagt und Vorschläge zu neuen Anlagen gemacht wurden, um das Einkommen gröfserer Schiffe zu ermöglichen. Nichts desto weniger stellte sich gegen das Ende des siebenzehnten Jahrhunderts mehrfach die Bedeutung dieses Hafens heraus, indem bei heftigen Stürmen bis hundert Schiffe gleichzeitig in denselben einliefen und darin Schutz fanden.

Sehr wichtig ist der Bericht, den John Smeaton*) am 17. Juni 1769 über den Hafen von Dover erstattete, indem der Lord Warden der Cinque Ports ihn zur Besichtigung desselben und zur Abgabe eines Gutachtens über die möglichen Verbesserungen veranlafst hatte.

Der Vorhafen, der damals nur eine geringe Breite hatte, war durch eine Dockschleuse von 38 Fufs Weite mit dem Flotthafen oder dem kleinen Pent verbunden. Die Dockschleuse bestand nur aus einem Paar Stemmthoren, die nach innen aufschlugen, also den Wasserstand der Fluth zurückhielten. Eine zweite Schleuse von geringerer Weite verband den kleinen mit dem grofsen Pent. Hier konnte also gleichfalls das Hochwasser gehalten werden,

*) Reports of the late J. Smeaton. London 1837. Vol. II. p. 229 ff.

Digitized by Google

wenn auch der vordere Flotthafen bei der Ebbe trocken lief. Diese drei Bassins, nämlich die beiden Pent und der Vorhafen, stellten zusammen noch die Form des natürlichen Flufsthals dar, das aus der Richtung von Ost nach West in die von Nord nach Süd überging, und überall ungefähr gleiche Breite hatte. Der kleine Hafen, das Paradies genannt, war von bedeutend gröfserer Ausdehnung, als später, stand aber nur durch einen Canal, über den eine Brücke führte, mit dem Vorhafen in Verbindung. Derselbe ist in Fig. 119 mit *B* bezeichnet.

Der Flufs Dour trat, wie auch noch gegenwärtig geschieht, in den grofsen Pent, und zwar in die östliche Ecke desselben, und lieferte zum Theil das zur Spülung des Vorhafens erforderliche Wasser. Smeaton sagt, der Pent füllt sich auf diese Weise gewöhnlich in vier Tagen, man kann also eben so oft eine Spülung vornehmen, ohne das trübe Fluthwasser einlassen zu dürfen. In der Wirklichkeit geschah dieses aber wohl nicht, denn die Ebbethore der Schleuse konnten das äufsere Hochwasser von den Binnenhäfen nicht abhalten. Zur Spülung dienten einige Canäle neben den Schleusen. Solche waren theils in dem Querdamm zwischen dem grofsen und kleinen Pent, theils zwischen dem letztern und dem Vorhafen angebracht. Ueber jene wird nichts Näheres mitgetheilt, diese befanden sich zu beiden Seiten der Schleuse, nämlich an jeder Seite einer. Sie waren 12 Fufs weit und wurden durch Schütze geschlossen. Der Effect derselben war nach der eigenen Wahrnehmung Smeaton's ganz zufriedenstellend, doch empfahl er die Anwendung zweiflügeliger Spülthore statt der Schütze, und hielt es für zulässig, diese in den Stemmthoren selbst anzubringen, wie er es in Hellevoetsluis und andern Niederländischen Häfen gesehn hatte. Dafs in solchem Fall der Flotthafen trocken wird, so oft man die Spülung vornimmt, mochte in damaliger Zeit nicht als besonderer Uebelstand erscheinen, da die Schiffe weniger scharf, als jetzt, gebaut wurden, also das Aufsetzen auf den Grund ihnen weniger nachtheilig war, und in den meisten andern Häfen, die sie besuchten, sie gleichfalls beim Niedrigwasser nicht flott blieben. Von der Spülung versprach sich übrigens Smeaton einen so vollständigen Erfolg, dafs er andre Anlagen zur Vertiefung für entbehrlich hielt.

Das auf der westlichen Seite ohnfern der Hafenmündung be-

Digitized by Google

legene weit vortretende Werk, Cheaseman's head genannt, welches nach Fig. 119 bei *A* lag, bestand schon damals und hatte grofse Kiesmassen aufgefangen. Mau dachte daran, dasselbe zu verlängern und seine Wirkung durch andre ähnliche Anlagen auf der Westseite zu unterstützen, wie dieses später wirklich geschehn ist, um den Kies in noch gröfserer Masse aufzufangen, bevor er die Hafenmündung erreicht. Smeaton erklärte sich aber bestimmt dagegen und meinte, man würde zu diesem Zweck fortwährend die Banten verlängern müssen, und es sei sogar zweifelhaft, ob man eben so schnell, wie die Verlandung erfolge, die Verlängerung werde bewirken können.

Die Hafendämme bestanden in jener Zeit noch in Holz-Constructionen, und der westliche war am äufsern Ende südlich gerichtet, wodurch bei südlichen Winden ein starker Wellenschlag in den Hafen trat, der das Einlaufen der Schiffe gefährlich machte. Smeaton rieth daher, diesen Damm so zu verändern und zu verlängern, dafs die Mündung eine südöstliche Richtung erhielt. Aufserdem schlug er vor, man möge das Holz beseitigen, das fortwährende Erneuerung und Reparatur erfordere, und den ganzen Hafenkopf aus Portland-Steinen erbauen.

Ueber die spätern Anlagen zur Verbesserung des Hafens macht Thomas Telford*) manche wichtige Mittheilungen. Im Winter von 1833 auf 1834 hatte die Kiesablagerung in und vor der Mündung sich so sehr erhöht und ausgedehnt, dafs, der wiederholten Spülungen unerachtet, dennoch zeitweise während mehrerer Tage und Wochen kein Schiff ein oder aus gebracht werden konnte. Auch Abgrabungen und die Abfuhr des Kieses mit Anwendung von Hunderten von Arbeitern und Pferden konnten nur nach längerer Zeit Hülfe schaffen, während bei dem zunehmenden Verkehr mit Frankreich die Bedeutung des Hafens sich immer deutlicher herausstellte. Das Bedürfnifs war überaus dringend, und dieses erkannte vollständig der Herzog von Wellington an, der, nachdem er aus der politischen Laufbahn ausgetreten war, die Stelle als Lord Warden der Cinque Ports angenommen hatte, und dem sonach auch die Aufsicht über den Hafen von Dover oblag. Derselbe wandte sich am 25. Januar 1834 an

*) Life of Th. Telford. London 1838. p. 650.

Digitized by Google

Th. Telford, den er persönlich kannte und forderte ihn auf, den Hafen zu besichtigen, auch aus den frühern Berichten und durch Anhörung der betreffenden Beamten von den bisher befolgten Methoden Kenntnifs zu nehmen, und sich demnächst über den Werth der letztern gutachtlich zu äufsern, so wie auch darüber, ob er Aenderungen oder neue Anlagen für passend halte.

Telford antwortete unter dem 10. Februar desselben Jahrs, dafs er sich von den örtlichen Verhältnissen unterrichtet habe und eine Verbesserung der Hafenmünduug allerdings für möglich halte. Er rieth jedoch, im Innern des Hafens zunächst keine weitere Ausführungen vorzunehmen, da es vergeblich sei, hier Verbesserungen anzubringen, weil doch nicht bei jedem Hochwasser Schiffe ein- und auskommen könnten. Besonders wichtig sind in diesem Bericht die Mittheilungen über die vorhandenen Spülvorrichtungen. Die damalige Gestaltung des Hafens ist in Fig. 119 durch die punktirten Linien angedeutet. Der Vorhafen hatte eine viel geringere Ausdehnung als gegenwärtig. An seiner südlichen Seite bei *B* befand sich der Rest des alten Paradies-Hafens, mit dem er durch eine Dockschleuse verbunden war. Mittelst einer gröfsern Schleuse derselben Art stand er mit dem Flotthafen, das Bassin genannt, auf der nordwestlichen Seite in Verbindung, doch fehlte noch die unmittelbare Verbindung mit dem hintern Flotthafen oder dem Pent auf der nordöstlichen Seite. In den letztern konnten die Schiffe nur durch das Bassin gelangen.

Der Vorhafen wurde aus dem Bassin und durch dieses auch aus dem Pent gespült, mittelst zweier durch Schütze geschlossenen Canäle zu beiden Seiten der grofsen Dockschleuse. Um diesen Spülstrom nach der Hafenmündung zu leiten, dienten zwei buhnenartige Einbaue *C*, die Telford jedoch beweglich nennt, die also damals vielleicht Richtwerke, ähnlich denen in § 46 beschriebenen waren. Der mit dieser Spülung angestellte Versuch ergab kein befriedigendes Resultat, denn der Strom beseitigte zwar den Kies in der Nähe der Schleuse, liefs jedoch auf die Bank in der Hafenmündung nur sehr geringe Wirkung erkennen.

Dagegen fand Telford noch eine andre eigenthümliche Spülvorrichtung vor. Im westlichen Hafendamm war nämlich ein kleines Reservoir *D* angelegt, das durch eine 5 Fufs weite eiserne Röhrenleitung aus dem Paradies-Hafen *B* gespeist wurde. Letztere

Digitized by Google

setzte sich von diesem bis zu dem ersten Flotthafen oder dem Bassin fort. In dieser Weise stand also jenes Reservoir mit einer Wasserfläche von etwa 30 Morgen Ausdehnung in Verbindung. Dieses Reservoir wurde zur Spülung benutzt, indem drei Canäle, von denen der eine 7 Fufs und die beiden andern 5 Fufs weit waren, an dem Kopf des Hafendamms ausmündeten. Jeder derselben liefs sich durch ein Schütz schliefsen. Während Telford dort war, lagen grofse Kiesbänke vor dem westlichen Hafenkopf und in der Mündung auf der östlichen Seite. Einer der erwähnten Canäle wurde während des Niedrigwassers geöffnet, und in 5 Minuten hatte der austretende Strom eine 5 Fufs tiefe Rinne in der Kiesbank gebildet. Die darauf folgenden Versuche mit den andern ergaben nicht so auffallende Resultate, doch erstreckten sich die Wirkungen bis auf 150 Fufs Entfernung.

Telford empfahl nun, dieses System weiter auszubilden, und manche augenscheinliche Mängel desselben zu beseitigen. Zunächst sollte für ein gröfseres Bassin auf dem Hafendamm gesorgt werden, indem das bestehende nach der See hin etwas verlängert würde, damit die Ausflufsröhren, die bis 130 Fufs lang waren, eine geringere Länge erhielten. Vor Allem forderte er aber, dafs die Zuleitung aus den Flotthäfen erweitert werde, woselbst der nur 5 Fufs weite Canal nicht entfernt die Wassermenge herbeiführen könnte, welche die Ausflufsröhren auszugiefsen im Stande wären. Bei der bestehenden Anordnung wurde augenscheinlich der gröfste Theil des vorhandenen Gefälles schon in der Zuleitung consumirt, und wenn die Spülung im Gang war, so stellte sich im Reservoir ein bedeutend niedrigerer Wasserstand ein, als in den Flotthäfen, die Wirkungen blieben daher viel geringer, als sie bei zweckmäfsiger Anordnung sein konnten. Ferner empfahl Telford, die Anzahl der Ausflufsröhren zu vermehren und dieselben strahlenförmig sowol vor den Kopf, als auch in die Hafenmündung austreten zu lassen. Endlich rieth er, rings um diesen Kopf ein 30 Fufs breites Pflaster aus Granitblöcken zu legen, weil der Kies leichter fortzutreiben sein würde, wenn er auf einem ebenen und festen Boden, als wenn er auf der unregelmäfsigen Oberfläche der Kreide läge. Er fügt hinzu, dafs der starke Spülstrom schon tiefe Rinnen in dem Untergrunde gebildet habe.

Digitized by Google

Telford starb im September 1834, und seine geschwächte Gesundheit hatte ihm sogar nicht gestattet, die Ausführung seiner Vorschläge selbst zu beginnen. James Walker leitete diese Arbeiten, und zwar, wie es scheint, in genauer Uebereinstimmung mit Telfords Vorschlägen. Das Reservoir *D* erhielt die in Fig. 119 dargestellte Ausdehnung, auch wurde ein überwölbter Canal von 30 Fuſs Breite und 16 Fuſs Höhe von dem Reservoir nach dem Paradies-Hafen und von diesem zur Seite des Vorhafens nach dem Bassin geführt. Der Canal, mit Ziegelmauern eingefaſst und in gleicher Weise überwölbt, ist in der Figur durch punktirte Linien angedeutet. Die Anzahl der Ausfluſsröhren wurde, wie es scheint, damals bis auf acht vermehrt, und vor denselben kam auch das Pflaster zur Ausführung, das bis zum heutigen Tage sehr sorgfältig unterhalten wird. Die Fugen zwischen den Steinen sind gegenwärtig mit Cement verstrichen.

Diese Ausführungen nahmen mehrere Jahre in Anspruch, und als sie endlich im Herbst 1837 beendigt waren, berichtete im Frühjahr des folgenden Jahrs der Hafenmeister, daſs die Spülungen vortrefflich wirkten, und daſs im verfloſsnen Winter zum ersten Mal die Hafenmündung gar nicht gesperrt gewesen sei, so daſs die Schiffe bei jedem Hochwasser unbehindert aus- und eingelaufen wären. Auf diese Spülung bezieht sich wohl die oben angedeutete Aeuſserung von J. Walker, daſs hier besser, als in Calais, für die Offenerhaltung der Mündung gesorgt sei.

Zu den wichtigsten Aenderungen in dem eigentlichen Hafen, die später noch vorgenommen wurden, gehört vorzugsweise die Vergröſserung des Vorhafens und dessen unmittelbare Verbindung mit dem Pent. Letztere ist durch eine Dockschleuse von 60 Fuſs Weite dargestellt. Diese Ausführungen geschahen 1846 und in den folgenden Jahren. Das früher im Paradies-Hafen bei *E* befindliche Trockendock wurde, um auch diesen Platz dem Verkehr frei zu geben, beseitigt, und dafür eine ausgedehnte Schiffsbaustelle am hintern Ende des Pent eingerichtet, wo man auch eine groſse Helling zum Aufziehn der Schiffe, und zwar nach Morton's Patent erbaute. Der Dour-Fluſs ergieſst sich auch noch gegenwärtig in den Pent. Es war Absicht, seine Mündung zu verlegen, und ihn unmittelbar in die See zu leiten, damit das Material, welches er namentlich nach starken Regengüssen mit sich

Digitized by Google

führt, den Hafen nicht verflache. Man mufste indessen hiervon abstehn, weil die Kosten für den Ankauf des Grundes und für die darauf stehenden Gebäude sich gar zu hoch stellten. Das Terrain ist aber gerade hier besonders werthvoll, weil sich daselbst die Einrichtungen für das Seebad befinden. Der Flufs ist vor seinem Eintritt in den Pent etwa auf 40 Ruthen Länge überwölbt, und aufserhalb der Stadt hat man ein (freilich nur sehr kleines) Bassin angelegt, das zum Auffangen und Ablagern des Gerölles und Schlammes dienen, und so oft es sich gefüllt hat, wieder entleert werden soll.

Es mag noch bemerkt werden, dafs der Vorhafen 12 Morgen, der Paradies-Hafen $2\frac{1}{2}$, das Bassin 10, und der Pent $18\frac{1}{2}$ Morgen enthält. Das sogenannte Bassin wird indessen, seitdem die Spülungen durch den weit in die See vortretenden Admiralitäts-Pier entbehrlich geworden sind, wie es scheint, meist als offner Hafen oder als Vorhafen benutzt. So oft ich in Dover war, habe ich die Dockschleuse, die ihn von dem eigentlichen Hafen trennt, nicht schliefsen sehn, und er entleerte sich daher bei jeder Ebbe, obwohl immer Schiffe darin lagen.

Die Spülung ist gegenwärtig eingestellt, weil nunmehr die Hafenmündung nicht mehr der Verflachung durch Kies-Ablagerung ausgesetzt ist. Dieses hat der seit dem Jahre 1847 begonnene grofsartige Pier oder Damm auf der westlichen Seite des Hafens veranlafst, an dessen weiterer Fortsetzung auch gegenwärtig wieder gearbeitet wird. Derselbe schliefst an der Stelle an das Ufer an, wo der bereits erwähnte Einbau, Cheaseman's head, den schon Smeaton vorfand, früher ausgeführt war. Er hat zum Theil auch denselben Zweck, den dieser hatte, er soll nämlich die von Westen her antreibenden Kiesmassen auffangen und dadurch den Hafen sichern. Es war aber Absicht, nicht einen einzelnen Pier zu erbauen, vielmehr die Umfassung eines riesenmäfsigen Hafens-Bassins darzustellen, das sich in einer Länge von 600 Ruthen längs dem Ufer hinzieht und durchschnittlich etwa 300 Ruthen breit wird. Dasselbe sollte auf der Südseite mit einer 700 Fufs weiten, und auf der Ostseite mit einer 150 Fufs weiten Oeffnung versehn werden. Der erwähnte Damm bildet nach diesem Plan nur die westliche Begrenzung des Hafens.

Digitized by Google

Die südliche Begrenzung fällt ungefähr in die Linie, wo beim niedrigsten Wasser die Tiefe 40 Fufs mifst.

Zu diesem grofsartigen Bau, der sich auf einen geschlossenen Hafen oder eine vollständig gesicherte Rhede bezieht, waren verschiedne Projecte aufgestellt, deren Beurtheilung einer vom Parlament niedergesetzten Commission übertragen war *). Es handelte sich vorzugsweise um die Bildung eines Sicherheits- oder Zufluchts-Hafens, in welchen Schiffe zu jeder Zeit, also ganz unabhängig von Fluth und Ebbe, einlaufen und darin Schutz finden sollten. Gleichzeitig wollte man auch einen Hafen darstellen, der geräumig und tief genug wäre, um eine gröfsere und vollständig ausgerüstete Kriegsflotte aufzunehmen. Ein solcher erschien aber um so wichtiger, je näher er der Französischen Küste lag. Endlich war, ohnerachtet der bisherigen Verbesserungen, der Hafen von Dover doch keineswegs gegen Verflachungen gesichert, und wenn auch seltener, als in früherer Zeit, so geschah es dennoch zuweilen, dafs während eines heftigen Sturms die Mündung gesperrt wurde, und man einige Tage hindurch spülen mufste, bevor die Schiffahrt wieder eröffnet werden konnte. Bei Aufstellung dieser Projecte wurde aber nicht nur die Verflachung durch Kies in Betracht gezogen, sondern man nahm auch auf die im Wasser schwebende fein zertheilte Masse Rücksicht, welche Verschlammung veranlassen konnte.

Es waren acht Projecte vorgelegt, die in Betreff der Anordnung des ganzen Hafens vorzugsweise in sofern sich von einander unterschieden, als bei einigen derselben die Hindurchführung des Küstenstroms durch den Hafen beabsichtigt, bei andern dagegen eine solche sorgfältig vermieden war. Harry Jones war am meisten darauf bedacht, die Durchströmung zu verhindern, und wollte daher den Hafen nur mit einer einzigen, nach Süden gerichteten Mündung versehn. Die entgegengesetzte Ansicht, dafs nämlich der Strom möglichst befördert werden müsse, wurde besonders von John Rennie vertheidigt, der, wie bei Plymouth, nur einen isolirten Wellenbrecher bauen wollte, hinter welchem sowol die Wellen als auch die Strömung von beiden Seiten aus ungehindert eintreten könnten.

*) Report of the harbour of Refuge to be constructed in Dover Bay. London 1847.

Digitized by Google

Zwischen diesen Extremen lagen die übrigen Projecte. James Vetch wollte, indem er dem Hafen die oben bezeichnete Form gab, zwei Mündungen anbringen, von denen die eine nach Westen, die andre nach Osten gerichtet wäre. Jede sollte 1000 Fufs weit sein, um noch eine frische Strömung hindurch zu lassen. Dabei sollte aber durch Beschränkung der Tiefe mittelst eingelegter Schwellen das Eintreiben des Kieses verhindert werden. Die westliche Oeffnung sollte zur Zeit des kleinen Wassers nur 2 Faden, die östliche dagegen 4 Faden tief sein. Charles Vignoles schlug vor, den westlichen Damm mit sieben überwölbten Oeffnungen von je 100 Fufs Weite zu versehn, die also nicht zum Einbringen der Schiffe, sondern nur zur Erhaltung der Strömung dienen sollten. Die Hauptmündung von 900 Fufs Weite legte er auf die südliche, und eine zweite Mündung von 700 Fufs Weite auf die östliche Seite. Das oben angedeutete und zur Ausführung bestimmte Project rührt von James Walker her, und mit demselben stimmte nahe überein dasjenige, welches W. Cubitt eingereicht hatte. Beide unterschieden sich nur insofern von einander, als nach dem letztern die östliche Mündung bis auf 500 Fufs sich erweiterte. Rendel endlich wollte auch zwei Mündungen, jedoch beide auf der südlichen Seite des Hafens anbringen, und zwar sollte jede 700 Fufs weit sein.

Es leuchtete ein, dafs die Berücksichtigung des gefahrlosen und bequemen Einlaufens der Schiffe zur Zeit eines heftigen Sturms derjenigen entgegenstand, welche die möglichste Sicherung gegen das Eindringen des Wellenschlags bezweckte. Eine recht weite und nach Westen gekehrte Mündung würde ohnfehlbar bei westlichem Sturm in der ersten Beziehung am vortheilhaftesten gewesen sein, aber sie würde auch in sehr bedenklicher Weise die stärksten Wellen eingelassen und dadurch die Sicherheit der im Hafen liegenden Schiffe gefährdet haben. Dieses Verhältnifs stellte sich in den Verhandlungen der Commission gleich so klar heraus, dafs eine nähere Erörterung in dieser Beziehung entbehrlich schien. Dagegen kamen in Betreff der zu erwartenden Verflachungen manche interessante Thatsachen, so wie auch sehr verschiedne Ansichten zur Sprache.

Was zunächst die Besorgnifs wegen des eintreibenden Kieses anbelangt, so wurde dieselbe von keiner Seite ganz in

Digitized by Google

Abrede gestellt, während selbst diejenigen Ingenieure, welche eine starke Durchströmung des Hafens herbeiführen wollten, nicht die Aussicht eröffnen konnten, dafs das grobe Steinmaterial eben so leicht wieder hinaus getrieben werden möchte, als es hineingeführt würde. Es wurde auch allgemein anerkannt, das die Spaltung des Stroms, selbst wenn sie nur durch einen isolirten Damm oder Wellenbrecher erfolge, die Ablagerung des Kieses in dem schmalen dahinter belegenen Hafen befördern werde (§ 34).

Von Spül-Vorrichtungen konnte bei der übermäfsigen Ausdehnung des Hafens nicht die Rede sein, und es fragte sich daher nur, ob der Kies während einer langen Zeitperiode vom Hafen abgehalten, und wenn er endlich doch hineintritt, ob durch gewisse Mafsregeln der zu starken Ansammlung desselben Schranken gesetzt werden könnten. Die Commission kam daher in den Vernehmungen wiederholentlich auf die Frage zurück, ob es möglich sei, den Kies bis auf 30 Fufs unter dem niedrigsten Wasser durch Baggern zu beseitigen, und welche Kosten dieses veranlassen werde. Die Möglichkeit wurde von den namhaftesten Ingenieuren unbedingt anerkannt, doch wichen die dafür angegebenen Preissätze bedeutend von einander ab. J. Rennie meinte, die Kosten würden sich mit Einschlufs des Transports auf 1 Thlr. 13 Sgr. für die Schachtruthe stellen, während Hartley nach den Erfahrungen, die er bei Liverpool gemacht hatte, bei dieser grofsen Tiefe den geringsten Satz auf nahe 2 Thlr. angab, dabei aber meinte, dafs die Schachtruthe auch wohl 3 Thlr. kosten könne.

Ganz allgemein war man der Ansicht, dafs der westliche Hafendamm, wenn er keine Oeffnung erhält, lange Zeit hindurch den antreibenden Kies ohne Nachtheil für den Hafen auffangen werde. Aus diesem Grunde gab die Commission auch denjenigen Projecten den Vorzug, nach welchen dieser Damm mit keiner Mündung versehn wird, und beinahe rechtwinklig vor das Ufer tritt. Die letzte Anordnung wurde von Rendel nicht für passend gehalten, indem er einen scharfen Uebergang vermeiden, und daher den westlichen Damm schon in der ersten Strecke in die Richtung von Nordwest nach Südost legen wollte.

Ueber die Zeit, in welcher der Strand auf der Westseite des Hafens sich bis zur südlichen Einfassung des letztern ausgedehnt haben würde, und sonach dessen Mündung aufs Neue bedroht

Digitized by Google

wäre, wurde jede Angabe und selbst jede Schätzung verweigert, nur äufserte der Astronom Airy, der gleichfalls darüber gefragt war, dafs vor dem Pier von Dungeness in jedem Jahre 2 bis 3 mal hundert tausend Tons, oder 28 bis 42 Tausend Schachtruthen Kies sich ablagern.

Es kam bei dieser Gelegenheit noch eine andre Ansicht zur Sprache, nach welcher die in Rede stehende Gefahr ganz gehoben zu sein schien. Rendel bemerkte nämlich, dafs in der Tiefe von 7 Faden die Strömung so gering wird, dafs dadurch der Kies nicht mehr in Bewegung gesetzt werden kann, und dieses um so weniger, als auch eine starke Wellenbewegung sich nicht so tief fortsetzt. Indem aber weder Strömung noch Wellenschlag den Kies vor die südliche Hafenmündung führen, so wäre diese der Verflachung durch denselben vollständig entzogen. Henry de la Beche erwähnte dagegen, dafs eine grofse Muschel, lardium erinaceum, von der man weifs, dafs sie sich nur in der Tiefe von 5 bis 15 Faden unter dem Meeresspiegel aufhält, durch die Wellen oft lebend an die Schottische Küste geworfen wird. Ohne Zweifel ist die Neigung des Ufers unter Wasser hierbei von wesentlichem Einflufs, denn wenn der Grund aus grofser Tiefe flach ansteigt, so kann bei starkem Wellenschlage dem Wasser leicht schon in weiter Entfernung vom Strande die fortschreitende Bewegung mitgetheilt, und dadurch Muscheln und vielleicht noch schwerere Körper hinaufgeworfen werden.

Man darf indessen nicht unbeachtet lassen, dafs die Anhäufung des Kieses auf einer sehr tiefen Wasserfläche auch in dem Fall erfolgt, wenn der Kies durch die Strömung und den Wellenschlag wirklich nur in geringer Tiefe in Bewegung gesetzt werden sollte. Sobald nämlich grofse Massen desselben, wie ohne Zweifel wirklich geschieht, nur in der Höhe des Wasserspiegels oder wenig darunter dem Strande auf der westlichen Seite des Piers zugeführt werden, so müssen dieselben, wenn sie an der Fortsetzung des Wegs verhindert sind, sich anhäufen. Es legt sich also eine Schicht über die andre, doch finden die zuletzt hinzugekommenen in ihrem Fufs nicht mehr die nöthige Unterstützung, oder die Ablagerung nimmt eine zu steile Böschung an, und alsdann rollt der Kies ganz unabhängig von Strömung und Wellenschlag nur in Folge seines eignen Gewichts in die Tiefe herab. Eine all-

Digitized by Google

mählige Verfüllung des Raums wird also unzweifelhaft stat finden, so lange immer neue Kiesmassen von Westen her hinzutreten und hier liegen bleiben.

Zugleich wurde noch eine andre Ansicht ausgesprochen, die von der zuletzt mitgetheilten wesentlich abweicht. Man besorgte nämlich, dafs an dem Fufs des südlichen Hafendamms, und zwar besonders wenn dieser in einer beinahe senkrechten Mauer bestehn sollte, eine sehr heftige Strömung, die den Kies stark in Bewegung setzt, sich bilden, und letztern in die Hafenmündung treiben werde. Es wurde daher vorgeschlagen, in die Hafenmündung eine niedrige Mauer zu stellen, über welche selbstredend noch die gröfsten Schiffe beim kleinsten Wasser fortgehn könnten. Man erwartete, dafs der Kies über diese nicht hinübergeworfen, und sonach der Hafen gegen das Eindringen desselben gesichert sein werde. Dieser Vorschlag fand indessen keine Unterstützung.

Die Commission spricht sich über die Gefahr der Verflachung des Hafens durch den von der Seeseite aus eintreibenden Kies in folgender Weise aus. „Wir haben die allgemein verbreitete An„sicht, dafs der Kies eine Hafen-Anlage in der Bai von Dover „vorzugsweise gefährden werde, vollständig in Erwägung gezogen, „und wir müssen zugeben, dafs dieselbe allerdings durch die bis„herigen, wenig erfolgreichen Versuche, den Kies vom alten Hafen „abzuhalten, bestätigt wird. Das Resultat unsrer Untersuchung „hierüber ist aber, dafs diese Ansicht doch der Begründung ent„behrt. Die Mehrzahl der Ingenieure stimmt nämlich darin über„ein, dafs die Bewegung des Kieses längs der Küste an jeder „beliebigen Stelle unterbrochen werden kann.“ Die Commission war also der Meinung, dafs man durch Einbaue auf der westlichen Seite den Kies schon in beliebig weiter Entfernung vom Hafen auffangen kann. Wenn diese Absicht consequent und vollständig durchgeführt wird, so kann man sogar erwarten, dafs die steilen Kreide-Ufer schliefslich vor dem Angriff der See geschützt werden, und in Folge dessen das Hinzutreiben neuer Kiesmassen nicht nur gemäfsigt wird, sondern vielleicht auch ganz aufhört.

Von gröfserer Bedeutung erschien der Commission die Besorgnifs, dafs die feinen im Wasser schwebenden erdigen Theilchen im Hafen niederschlagen und denselben nach und nach verschlammen möchten. Der Capitän John

Digitized by Google

Washington hatte, wie bereits erwähnt, das trübe Fluthwasser untersucht, und war zu dem Resultat gekommen, dafs der Hafen, wenn die ganze zugeführte Schlammmasse darin liegen bliebe, in jedem Jahre 6 bis 9 Zoll an Tiefe verlieren werde. Um diesem Niederschlage vorzubeugen, oder denselben wieder zu beseitigen, falls er erfolgt wäre, war von mehreren Ingenieuren empfohlen worden, an der Ost- und Westseite des Hafens weitere oder engere Oeffnungen anzubringen, um die Durchströmung des Hafens möglich zu machen. Es wurde sogar angerathen, den bereits erfolgten Niederschlag zur Zeit der stärksten Durchströmung durch Dampfböte, welche Anker oder Rechen über den Grund schleppten, wieder aufzulockern, während Rennie selbst einen starken Wellenschlag in dem Hafen für nothwendig hielt, damit das Wasser darin nicht zur Ruhe kommen, sich also gar nicht klären möge. Rendel und Andere machten dagegen darauf aufmerksam, dafs die wichtigste Anforderung an einen Hafen, nämlich die Sicherstellung der darin liegenden Schiffe, auf solche Art unerfüllt bleiben würde. Dafs aber die Durchströmung des Hafens bei seiner grofsen Breite sehr schwach sein wird, also die erdigen Theilchen, die das Wasser zuführt, darin niedersinken, und diese Erscheinung bei dem ununterbrochenen Zufluſs und Abfluſs sich dauernd fortsetzt, wurde von keiner Seite zur Sprache gebracht. Wenn nämlich die Durchströmung nicht statt findet, so nimmt der Hafen nur diejenige Erdmasse auf, welche in dem Wasser, das ihn anfüllt, enthalten ist. Bei dauernder Durchströmung treten dagegen immer neue Wassermassen mit den darin schwebenden erdigen Theilchen hinzu, und nach Maafsgabe der verminderten Bewegung fallen diese zu Boden.

Auf die Mittheilung des Hafen-Ingenieur Gibbons in Kingstown wurde in dieser Beziehung ganz besondres Gewicht gelegt. Derselbe äufserte, dafs in dem dortigen Hafen allerdings zuweilen Niederschläge, aus einem leichten Schlamm bestehend, stellenweise bemerkt werden, dafs dieselben aber keine bedeutende Höhe erreichen und nach einiger Zeit von selbst wieder verschwinden. So habe sich vor etwa 2 Jahren neben dem Handelswerft die Tiefe um 18 bis 20 Zoll vermindert, die Ablagerung sei indessen, ohne dafs gebaggert worden, später nicht mehr vorgefunden. Es wurde hinzugefügt, dafs der neben der Mündung vorbeistreichende

Digitized by Google

Strom oft auffallend dunkel gegen das klare Hafenwasser gefärbt sei, dafs aber das trübe Wasser nie hineintrete, und dieses erkläre sich dadurch, dafs die Mündung nicht gegen die Strömung gerichtet sei, auch auf keiner Seite vorspringe, sondern dafs der starke Strom zur Seite des Hafens seine Mündung tangential berühre.

Man gab derjenigen Anordnung den Vorzug, wonach die Durchströmung möglichst vermieden wird. Noch vollständiger wäre dieses geschehn, wenn der Hafen nur eine einzige Mündung erhalten hätte, aber aufser der weiten nach Süden gekehrten Mündung wurde eine solche auch auf der östlichen Seite für nöthig erachtet, damit die aus der Nordsee kommenden Schiffe bei ungünstiger Witterung leicht einlaufen könnten.

Die Commission bemerkt, dafs es nur wenige Häfen giebt, in welchen keine Aufschlickung statt findet, und sie ist sogar der Ansicht, dafs gar keine neue Hafen-Anlage an den Küsten Grofsbritanniens ausführbar sein würde, wenn die Aufgabe gestellt wäre, diesem Uebelstande vollständig vorzubeugen. Sie fügt hinzu, „sie „sei so glücklich gewesen, von einem Falle Kenntnifs zu nehmen, „in welchem die gewählte Anordnung sich bisher als zweckmäfsig „bewährt habe. Der Hafen zu Kingstown in der Bai von Dublin, „der vor etwa 20 Jahren erbaut sei, werde von zwei Dämmen „umschlossen, die in ihren Wurzeln rechtwinklig vom Ufer in „das Meer treten. Dieser Hafen habe nur eine Mündung, und „diese berühre den vollen Fluthstrom. In unmittelbarer Nähe „liegen die zahlreichen bekannten Sandbänke, welche die Mün„dung des Liffey beengen, und dennoch bleibe der Hafen nach „der zwanzigjährigen Erfahrung frei von jeder dauernden Ver„flachung. Der dortige Ingenieur sei, nachdem er die Verhält„nisse acht Jahre hindurch beobachtet habe, der Ansicht, dafs „dieses günstige Resultat nur von der zweckmäfsigen Lage der „Mündung herrühre, welche den vollen Fluthstrom tangirt.“ Dieselbe Anordnung wird demnach auch für den Hafen von Dover empfohlen.

Die Commission nimmt also auf den wesentlichen Unterschied beider Häfen gar keine Rücksicht, dafs nämlich der Fluthstrom, der jenen füllt, reines Seewasser enthält, hier dagegen das Wasser besonders während der Fluth sehr stark

Digitized by Google

verunreinigt ist und grofse Massen fein zertheilter Kreide schwebend mit sich führt. Die von Gibbons mitgetheilte Thatsache, dafs in den Hafen Kingstown das vorbeistreichende trübe Wasser nicht eintritt, erklärt sich aber sehr einfach dadurch, dafs nicht der Fluthstrom, sondern der Ebbestrom die erdigen Theilchen enthält, und letzterer nicht in den Hafen gelangt, weil in diesem der Wasserspiegel bei der Ebbe sich gleichfalls senkt, und folglich in der Hafenmündung Ausströmung statt findet, während der trübe Ebbestrom vorbeifliefst. Man bemerkt leicht, dafs, wie die Hafenmündung auch immer gerichtet sein möge, der Erfolg immer nahe derselbe bleiben würde. Wenn man aber dem Hafen an entgegengesetzten Seiten Mündungen gegeben hätte, also dieser Strom sich durch ihn hindurchziehn könnte, alsdann würde er ohnfehlbar einer sehr starken Verflachung ausgesetzt sein. Der Hafen Kingstown hat, wie aus der bereits früher mitgetheilten Situations-Zeichnung Fig. 102 auf Taf. XVII sich ergiebt, eine bedeutende Ausdehnung, und es kann daher nicht fehlen, dafs einige Wellenbewegung, namentlich auf den flachern Stellen, vor dem südlichen Ufer eintritt. Es ist also erklärlich, dafs der feine Niederschlag, der vielleicht vom Ufer her hineingespült war, bei starker Bewegung des Wassers sich wieder hebt und bei der Ebbe hinausgeführt wird. Die dauernde Erhaltung der Tiefe in diesem Hafen ist aber nur die Folge des überaus günstigen Umstandes, dafs die Fluth ihm nur reines Seewasser zuführt.

Der wichtigste Theil der von der Commission angestellten Untersuchung bezog sich auf die Frage, ob flach dossirte, oder steile Hafendämme zu wählen seien. Die in dieser Beziehung abgegebenen sehr interessanten Erklärungen der Sachverständigen, so wie auch die gutachtliche Aeufserung der Commission sind bereits bei Behandlung der Hafendämme (§ 40) ausführlich mitgetheilt.

Endlich kam noch die zu wählende Constructionsart zur Sprache, wobei wieder die Ansichten der Ingenieure sehr verschieden ausfielen. Nach mehreren derselben, und namentlich nach dem Vorschlage von James Walker, sollte die Hafenmauer in Caissons erbaut werden. Hartley empfahl dagegen, Kasten ohne Boden zu benutzen, die nur die Umschliefsung für den darin zu versenkenden Béton bilden sollten. Andere empfahlen, grofse

Digitized by Google

regelmäfsige Körper neben und über einander zu versenken. Denison schlug vor, hierzu sechsseitige Säulen aus Béton zu verwenden, die 12 Fufs lang und 6 Fufs stark wären. Er wollte dieselben in Dungeness formen, und zwischen zwei Cylindern von Eisenblech aufgehängt, die 30 Fufs lang und 6 Fufs stark wären, durch Dampfböte nach Dover bringen lassen.

Angeregt durch diese Projecte wurde die Frage erörtert, ob der Béton, den auch Hartley empfohlen hatte, hinreichende Festigkeit und Dauer für diese Art der Verwendung besäfse. Obwohl hierbei augenscheinlich die Wahl des Materials und die Sorgfalt in der Bearbeitung desselben überwiegenden Einfluſs ausüben, so machte doch Rendel darauf aufmerksam, dafs die Mauer auf dem Wellenbrecher in Cherbourg zwar im Innern zum Theil aus Béton bestehe, man aber doch nicht gewagt habe, solchen an den äufsern Flächen, wo er mit dem Seewasser dauernd oder bei jeder Fluth in Berührung komme, zu verwenden. Auch wurde darauf hingewiesen, dafs eine an der Themse bei Woolwich ausgeführte Kaimaier aus Béton nicht unversehrt geblieben sei.

Rendel hatte den Vorschlag gemacht, die grofsen Blöcke, aus denen die Mauer besteht, aus Ziegeln, und zwar als gewöhnliches Mauerwerk darzustellen, und dieselben alsdann mit Hülfe der Taucherglocke regelmäfsig zu versetzen. Er wählte Ziegelsteine aus Folkestone, weil für die grofse Haltbarkeit derselben an der See bereits lange Erfahrungen sprechen, aufserdem auch weil solche aus Ziegelmauer bestehenden Blöcke wohlfeiler als Béton sind. Sie sollten 120 Rheinländische Cubikfufs halten. Zum regelmäfsigen Versetzen derselben in allen Tiefen, die hier vorkommen, biete die Taucherglocke volle Gelegenheit, wenn sie gröfser, als gewöhnlich, nämlich 11 Fufs lang, 6 Fufs hoch und 6 Fufs weit wäre und von festen Rüstungen herabgelassen würde. In Pembrocke habe er einen Pier in dieser Weise, und zwar bei einer Tiefe von 32 Fufs unter dem niedrigsten Wasser ausgeführt. Der Bau habe sieben Jahre gedauert, und während der ganzen Zeit sei es nur einmal vorgekommen, dafs wegen zu heftigen Sturms die Glocke nicht hätte herabgelassen werden können.

Ueber die verschiedenen zur Sprache gebrachten Constructionsarten gab die Commission kein bestimmtes Urtheil ab, da ihr jedoch die Bezeichnung des besten Projects auch in dieser

Digitized by Google

Beziehung aufgegeben war, so erklärte sie sich für die von Rendel vorgeschlagene Constructionsart. Sie empfahl jedoch, im Innern des Damms Blöcke aus Béton zu verwenden, statt der aus Ziegeln gemauerten.

Diesen gutachtlichen Bericht erstattete die Commission am 28. Januar 1846 unter Beifügung der sämmtlichen Projecte und der vollständigen mündlichen Vernehmungen, die sogleich stenographisch nachgeschrieben waren*), an den Secretär des Schatz-Amtes. Mit Zustimmung der beiden Häuser ertheilte die Regierung die Genehmigung zur Ausführung nach dem Vorschlage der Commission. Im October desselben Jahrs wurde der Bau schon eingeleitet, nachdem James Walker, der mit der Leitung desselben beauftragt war, den speciellen Anschlag zu dem ersten Theil des westlichen Hafendamms auf 800 Fuſs Engl. Länge aufgestellt hatte. Dieser Anschlag schloſs auf die Summe von nahe 1 700 000 Thlr. ab. Den Unternehmern Freeman und Lee wurde der Bau für 1 600 000 Thlr. zur Ausführung in Entreprise gegeben. Die Lage und Richtung der damals beabsichtigten Dämme ist in Fig. 146 *B* auf Taf. XXXI durch die Linien bb bezeichnet, auch sind darin die beiden Mündungen, eine auf der Südseite von 1000 Fuſs und eine auf der Ostseite von 500 Fuſs angegeben. Mit dem westlichen Flügel wurde der Anfang gemacht.

Der Bau, obwohl ziemlich kräftig betrieben, schritt dennoch bei zunehmender Tiefe nur langsam vor, so daſs durchschnittlich in jedem Jahr nur wenig über 100 laufende Fuſs fertig gestellt wurden. Zum Theil rührte dieses von der Schwierigkeit der gewählten Constructionsart her, zum Theil aber änderten sich auch die Ansichten über die Nothwendigkeit der ganzen Anlage. Statt der aus Ziegeln gemauerten Blöcke wurden bald solche aus festem Granit gewählt, die in den Brüchen vollständig bearbeitet werden konnten. Im Jahr 1855 diente der Damm schon wesentlich zur

*) Es muſs bemerkt werden, daſs diese mündlichen Vernehmungen der Sachverständigen wegen der vielseitigen Auffassung des Gegenstandes ein sehr groſses Interesse bieten. Sie geben auch einen viel sichereren Anhalt zur richtigen Beurtheilung, als einzelne ausführliche Gutachten, denen doch jedesmal nur die Ansicht des Verfassers zum Grunde liegt.

Digitized by Google

Erleichterung des Verkehrs. Auf beiden Seiten war er wie Fig. 119 in den Verbreitungen zeigt, mit Treppen versehn, von denen jede zu drei unter einander befindlichen Landebrücken herabführt. Nach dem jedesmaligen Wasserstande wird die eine oder die andre derselben benutzt. Die Schiffe legen aber, wenn der Wind westlich ist, auf die östliche Seite, und umgekehrt an, und finden alsdann hinreichenden Schutz, so dafs sie gefahrlos liegen und sowohl die Passagiere bequem ein- und aussteigen, als auch Güter geladen und gelöscht werden können. Auf dem Pier, und zwar im Schutz einer hohen Brustmauer an der westlichen Seite, liegen zwei Eisenbahn-Stränge. Die Brustmauer ist vor der Treppe auf der westlichen Seite mit überwölbten Oeffnungen versehn, durch welche man zu dieser gelangt.

Bei einer andern im Jahr 1860 veranlafsten Berathung über die zweckmäfsigste Construction der Hafendämme erklärte James Walker, dafs in den letzten fünf Jahren, also nachdem der Pier schon weit hinausgeführt worden, nur einmal der Fall vorgekommen sei, dafs ein Packetboot nicht habe anlegen können. Die Veranlassung dazu habe aber nicht die starke Wellenbewegung gegeben, vielmehr nur der Umstand, dafs bei dem heftigen Sturm kurz vorher die Rüstung am Kopf, die zur Weiterführung des Baues diente, zerschlagen war, und die schweren Hölzer zur Seite des Damms schwammen. Das Boot konnte nicht sicher zwischen diesen hindurch gehn, vielmehr war zu besorgen, dafs die Schaufelräder dagegen schlagen und beschädigt werden möchten. Er fügte hinzu, der Pier, an dem keine Beschädigungen vorgekommen, habe sich auch in andrer Beziehung als sehr nützlich erwiesen. Güter, welche unmittelbar von Schiffen auf die Eisenbahn übergehn, oder umgekehrt, werden regelmäfsig zur Seite desselben gelöscht und geladen, soweit der Raum dieses irgend gestattet. Es seien vom Pier aus Truppen verschifft worden, indem grofse Schiffe von 2000 Last Ladungsfähigkeit an denselben anlegten. Eben so haben auch Linienschiffe ersten Ranges hier die durch Eisenbahnzüge herbeigeführten Kohlen eingenommen. So gewähre dieser Bau für die verschiedensten Verkehrs-Verhältnisse eine aufserordentliche Erleichterung, und in Bezug auf die Kriegsmarine biete er in Betreff der Verladung von Mannschaft und Material dieselbe Bequemlichkeit, wie bisher nur die Häfen Sherness und Portsmouth.

Digitized by Google

Ein andrer Umstand veranlafste schon damals mehrfache Vernehmungen. Es war nämlich die Besorgniss angeregt, dafs der Strand vor dem Pent, der in neuerer Zeit bebaut war, woselbst sich die Bade-Anstalten befinden, und der den schönsten und reichsten Theil der Stadt bildet, in Folge des Piers bedroht werde. So lange der Kies von Westen her antrieb, auch bei der Hafenmündung grofsentheils vorüberging, oder wenn er daselbst liegen blieb, doch durch die Spülung später wieder dem Küstenstrom zugeführt wurde, durfte man nicht fürchten, dafs die Ablagerungen dort verschwinden möchten, im Gegentheil war es möglich, sie noch weiter auszudehnen, indem neben den leicht construirten buhnenförmigen Einbauen immer neue Massen sich anhäuften. Dazu kam noch, dafs die Strömung ungefähr dem Ufer folgte, also an dieser Stelle nicht gegen dasselbe gerichtet war. Diese Verhältnisse hatten sich nunmehr geändert. Der vom Küstenstrom herbeigeführte Kies wurde vollständig durch den Pier aufgefangen, auch der Strom so weit entfernt, dafs er nicht dem Ufer folgte, sondern erst in weitem Abstande, nämlich an dem östlichen Ende der Stadt dasselbe wieder traf. Bei südwestlichen Stürmen verstärkt der Wellenschlag seine Wirkung, und so geschah es, dafs der in früherer Zeit hier abgelagerte Kies nunmehr in Bewegung gesetzt und fortgetrieben wurde. Die Regierung, die den Pier erbaut hatte, sah sich daher gezwungen, auch für die Uferdeckung zu sorgen. Das Ufer wurde daher in einer cylindrischen Fläche abgeböscht, die oben unter dem Winkel von 60 Graden gegen den Horizont anstieg, während sie in der Höhe des niedrigsten Wassers eine fünffache Anlage hatte. Die ganze Böschung wurde aber mit grofsen Steinen regelmäfsig abgepflastert und im obern Theil die Fugen mit Cement verstrichen.

In jener commissarischen Berathung hatte man wiederholentlich die Frage gestellt, ob der Pier zweckmäfsig angeordnet und ausgeführt sei, und ob es nicht möglich gewesen wäre, ihn wohlfeiler und in kürzerer Zeit darzustellen. Dieses wurde natürlich von denjenigen Personen behauptet, die neue Erfindungen gemacht hatten, und die namentlich durch schwimmende Wellenbrecher denselben oder doch nahe denselben Zweck zu erreichen glaubten. Ihre Angaben waren jedoch so wenig Vertrauen erweckend, dafs die Commission sich nicht dafür aus-

Digitized by Google

sprechen konnte, und nur den Wunsch zu erkennen gab, die Regierung möge die mäfsige Summe von 10 000 Pfund zu Versuchen dieser Art aussetzen. Es kam dabei zur Sprache, dafs der Major Glover bereits einen Versuch mit einem schwimmenden Wellenbrecher bei Dover gemacht habe. Ein grofser, an seinen Enden geschlossener eiserner Cylinder sei vor die Mündung des Hafens vor Anker gelegt. Eine Art von Kamm aus Eisen sei an die untere Seite des Cylinders befestigt gewesen, um die Bewegung des Wassers zu unterbrechen. Einige Abstillung soll dadurch allerdings veranlafst worden sein, aber beim ersten Sturm wären die Ankerketten gebrochen, und seitdem habe man den Apparat nicht wieder aufgestellt. Der Capitän Sleigh erklärte in Betreff desselben Gegenstands, er habe einst drei Wellenbrecher, jeden von 80 Fufs Länge, auf der Themse erbaut, um sie vor den Hafen von Folkestone zu legen, aber weder die Stadt, noch die Admiralität hätten die Kosten für den Transport und für die Befestigung desselben tragen wollen. Aus diesem Grunde sei der Versuch unterblieben.

James Walker sagte dagegen, dafs er zu Anlagen dieser Art gar kein Zutrauen habe, und wenn es auch wirklich glücken sollte, sie sicher zu befestigen, und dadurch eine Mäfsigung des Wellenschlags zu erreichen, so könnten die schwimmenden Kasten doch niemals, wie feste Piere, zur Vermittelung des Ein- und Ausschiffens benutzt werden. Der Pier bei Dover entspreche dagegen vollständig seinem Zweck, auch sei die Construction ganz passend gewählt worden, und eine minder kostbare Ausführung halte er für unmöglich. Bei der Tiefe von 40 Fufs unter dem niedrigsten Wasser koste der laufende Fufs des Hafendamms 300 Pfund (etwa 2000 Thaler). Für denselben Satz könne man die ganze beabsichtigte Umschliefsung des Hafens darstellen, da die Tiefe nunmehr ungefähr dieselbe bleibe. Die Gesammtkosten würden sich also etwa auf 3 Millionen Pfund stellen. Die Fortsetzung lasse sich auch wesentlich beschleunigen, wenn jährlich gröfsere Summen zur Verfügung gestellt würden. Sollten dieselben verdoppelt werden, so würde der Bau eben so schnell, wie der Wellenbrecher in Plymouth beendigt werden, der 1812 begonnen und 1841 nach dem ersten Project ausgeführt war. Auffallend ist es aber, dafs Walker in derselben Verneh-

Digitized by Google

mung von diesem Wellenbrecher sagt, er sei, obwohl 1812 angefangen, doch noch nicht beendigt.

In gleichem Sinn sprach sich auch der Capitän Washington, Hydrograph bei der Admiralität, aus. Derselbe war, wie sich aus seinen Aussagen ergiebt, sowohl mit dem Gegenstande, als auch mit den localen Verhältnissen genau bekannt. Er erklärte, dafs bei dem Bau des Piers vor Dover nicht ein Schilling zwecklos ausgegeben sei. Man habe ein bewunderungswürdiges und überaus nützliches Werk dargestellt. Die Beendigung des ganzen ursprünglich projectirten Hafens hielt er aber für dringend geboten. Namentlich im Fall eines Kriegs müfste für die Sicherstellung der Handelsflotte gesorgt werden. Wenn die Schiffe auch in diesem Hafen vor feindlichen Kugeln nicht sicher lägen, so würden sie doch der Gefahr entzogen, aufgebracht zu werden. Auch die fortificatorischen Anlagen, wozu der Hafendamm die Gelegenheit biete, seien von äufserster Wichtigkeit. Er machte jedoch darauf aufmerksam, dafs nach Beendigung des westlichen Damms, der dem stärksten Wellenschlag ausgesetzt ist, man wohl in Ueberlegung nehmen müsse, in welcher Weise die Fortsetzung erfolgen solle. Er sei überzeugt, dafs wesentliche Ersparungen alsdann zulässig sein würden.

Ueber die Constructionsart des Damms wird später das Nähere mitgetheilt werden. Fig. 160 auf Tafel XXXIV zeigt das Querprofil desselben. Hier mag nur erwähnt werden, dafs die Krone 11 Fufs über dem Hochwasser der gewöhnlichen Springfluthen liegt, ihre Breite mifst im Ganzen 43 Fufs, davon nimmt aber die Brustmauer 14 Fufs ein, die sich noch 11 Fufs über die Krone erhebt. Die beiderseitigen Böschungen sind sehr steil, indem die Mauer auf 4 Fufs Höhe um 1 Fufs, und zwar nach Maafsgabe der Höhe der Schichten stufenförmig zurücktritt. Diese Böschung setzt sich gleichmäfsig von der Krone bis zum gewachsenen Kreideboden fort. Das Mauerwerk ist aus grofsen oblongen Blöcken im Verbande und über dem niedrigsten Wasser mit vollen Mörtelfugen ausgeführt. Im Innern des Damms bestehn diese Blöcke aus Béton, im Aeufsern aus dem festen Granit von Alderney.

Der eigentliche Hafen von Dover hat durch diesen Bau wesentlich gewonnen, indem seine Mündung, so wie auch der Vorhafen gegenwärtig der Verflachung durch Kies vollständig ent-

Digitized by Google

zogen ist. Die frühern Spülvorrichtungen, und namentlich diejenigen auf dem westlichen Hafenkopf sind sonach entbehrlich geworden. Es scheint, dafs man aus diesem Grunde den Paradies-Hafen verschütten, und statt seiner ein geräumiges Kai einrichten will. Mit der Verschüttung war wenigstens im Spätherbst 1863 der Anfang gemacht. Die Spülvorrichtungen zwischen dem Bassin und dem Vorhafen bestanden damals noch, und wahrscheinlich werden sie auch von Zeit zu Zeit zur Beseitigung des Schlamms benutzt. In dem Bassin und dem Pent bedient man sich zu diesem Zweck noch eines Dampfbaggers.

Es ist bereits erwähnt, dafs die Ansichten über den Nutzen dieser weit ausgedehnten und rings umschlossenen Rhede im Lauf der Zeit sich wesentlich änderten.*) William Cubitt, der 1844 und 1845 das Project aufgestellt hatte, wovon der Admiralitäts-Pier ein Theil war, wollte einen Hafen bilden, der den bedeutendsten in den vereinigten Königreichen gleich sei, und sowohl den ausgedehntesten merkantilischen Verkehr, wie auch die Kriegsmarine aufnehmen könnte. Man überzeugte sich indessen später, dafs Dover seiner Lage nach nur für den Europäischen Verkehr Bedeutung habe, der transatlantische und der nach dem Orient gerichtete aber unbedingt den an der Südküste mehr westwärts und am Irischen Canal belegenen Häfen verbleiben würde, während dieselben auch im Fall eines Kriegs zur Aufstellung der Flotte genügten. Indem nun diesem beschränkteren Zweck der Pier schon entsprach, obwohl zur Zeit süd-östlicher Stürme die Schiffe weder an einer, noch an der andern Seite anlegen konnten, so beschloss die Regierung 1865 den Bau nicht weiter zu führen, als er damals vorgerückt war, und soweit ihn die Situationszeichnung Fig. 119 darstellt. Der Damm sollte also an der Stelle abgebrochen werden, wo er in die östliche Richtung überging. Als Grund dieser Bestimmung wurde noch angegeben, dafs der Weiterbau, nachdem die heftige Küstenströmung erreicht sei, eine Unterspülung besorgen lasse. Dieser Grund war wohl gehaltlos, denn da man den Damm auf die gewachsene Kreide stellte, so blieb eine Unterspülung undenkbar. Man wollte indessen auf diesen

*) Die folgenden Mittheilungen sind vorzugsweise aus der Zeitschrift: „Engineering" 1873 und 1875 entnommen.

Digitized by Google

Damm, der schon so grofse Kosten verursacht hatte, nicht noch mehr verwenden.

Von der Darstellung einer geschützten Rhede ganz abzusehn, war jedoch nicht möglich, da manche wesentliche Beschwerden über die Wirkungen des Admiralitäts-Piers nicht unbeachtet bleiben durften. Diese sind zum Theil bereits angedeutet.

Ebenso wie nach Ausführung des neuen Damms bei Folkestone die ostwärts belegenen Ufer vom Kiese entblöfst und einem starken Angriff ausgesetzt wurden, so geschah dieses auch bei Dover. Der vor den Ufern liegende Kies wurde auch hier von den auflaufenden Wellen herabgetrieben, vom Küstenstrom gefafst und weiter geführt, während von der Westseite her keiner hinzukam, der ihn ersetzte. Auf diese Art kam der ostwärts belegene Theil der Stadt Dover in Gefahr und weiterhin brach das steile Kreide-Ufer so stark ab, dafs die auf demselben befindliche Strafse sogar zum Theil herabstürzte. In früherer Zeit konnte man auch am Fufs des hohen Ufers von Dover aus, selbst zur Zeit des Hochwassers, nach South Foreland bequem gehn, während jetzt der Strand überfluthet wurde und das Meer den Fufs des Felsufers berührte. Unter diesen Umständen entschlofs sich im Jahr 1873 die Regierung, die Umschliefsung des Bassins in solcher Ausdehnung zur Ausführung zu bringen, dafs wenigstens die Stadt Dover gegen fernere Angriffe gesichert würde.

Die Situationszeichnung Fig. 146 *B* Taf. XXXI zeigt die Bucht vor Dover mit Angabe der Tiefen in Faden beim Niedrigwasser der Springfluthen, wie solche die 1873 von der Admiralität veranlafste Messung ergab. In diese Zeichnung sind zugleich die wichtigsten Projecte zur Umschliefsung der Rhede eingetragen. Die mit den Buchstaben *b b* bezeichnete Doppellinie stellt das 1844 von Cubitt entworfene Project dar, nach welchem der Admiralitäts-Pier erbaut wurde, *c c* ist dagegen dasjenige Project, zu welchem man nunmehr übergehn wollte. Nach Redman's Mittheilung umfafste jenes ungefähr 600 Acres oder 950 Morgen, während nach diesem die umschlossene Fläche nur etwa halb so grofs wird. Dabei war die Gesammtlänge der Umschliefsungs-Dämme in beiden Fällen wenig verschieden, die beabsichtigte Beschränkung hatte daher nur geringen Einfluſs auf die Verminderung der Kosten, und hierzu kam noch, dafs bei derselben derjenige Theil des Bassins, der

Digitized by Google

40 Fuſs und darüber tief war und der in der südöstlichen Ecke lag, aufserhalb der geschützten Rhede blieb.

Es ist wohl vorzugsweise den Bemühungen des Ingenieurs Redman zuzuschreiben, dafs dieses Project nicht zur Ausführung kam, und die Regierung sich von der Unbrauchbarkeit desselben bald überzeugte. 1875 wurde dem Handels-Amt mitgetheilt, die Regierung habe beschlossen, das von Redman aufgestellte, in dem Plan mit *d d* bezeichnete Project auszuführen. Dasselbe unterscheidet sich von dem zuerst gewählten besonders dadurch, dafs die nach Süden gerichtete Hauptmündung weiter vortritt, wodurch ohne wesentliche Verlängerung der Dämme der Flächeninhalt sich nahe auf 700 Acres oder auf 1100 Morgen vergröfsert. Es wurde dabei auf den Flächenraum anderer durch Dämme oder durch natürliche Ufer geschützten Rheden Bezug genommen und angeführt, dafs die Rhede

von Holyhead	1050	Morgen
„ Portland	1590	„
„ Cherbourg gleichfalls . .	1590	„
„ Plymouth	1100	„

enthält. Es hatte sich aber herausgestellt, dafs in der letzten Zeit selbst diejenigen Dampfer, welche den Güterverkehr mit dem Festlande vermitteln, bedeutend gröfsere Dimensionen, als früher angenommen haben. Aufserdem wurde es für nöthig erachtet, dafs hier auch Kriegsschiffe einlaufen und sicher vor Anker liegen könnten.

Das mit *c c* bezeichnete Project sollte nach Clarke bei Einführung einer einfacheren Construction für 1 Million Pfund in 5 Jahren auszuführen sein. Es war dabei Absicht, den untern Theil der Dämme bis 16 Fuſs unter Niedrigwasser nur mit Béton-Blöcken zu umschliefsen, den innern Raum aber mit Béton unmittelbar auszufüllen. Von hier ab 13 Fuſs hoch, also bis 3 Fuſs unter Niedrigwasser durchweg ein Mauerwerk aus Béton-Blöcken darzustellen, und alsdann bis zur vollen Höhe die Dämme nur aus Béton zu formen.

Redman meint, dafs, wenn man mit Rücksicht auf die geringe Verlängerung, wie auch auf manche nicht vorherzusehende Zufälligkeiten 50 bis 70 Procent zufügt, auch die Kosten für sein Project, dessen Constructionsart aber nicht angegeben wird, gedeckt werden würden.

Digitized by Google

Zu erwähnen bleibt endlich noch die durch Punkte bezeichnete Schlammablagerung, welche in den letzten Jahren zu beiden Seiten des Kopfs am Admiralitäts-Pier erfolgt ist. Dieselbe bildet an der östlichen Seite einen Haken, ganz ähnlich denjenigen, welche § 13 beschrieben wurden. Obwohl gerade da, wo derselbe liegt, die Tiefe früher mehr als 40 Fufs mafs, so hat sich die Ablagerung stellenweise bis auf 17 Fufs unter Niedrigwasser erhoben. Auch auf der westlichen Seite zeigt sie sich, sie besteht aber nicht aus dem groben Kiese, der den Strand hier bildet, sondern aus fein zerriebener Kreide, verbunden mit den Unreinigkeiten, welche die Abzugs-Canäle von Dover der Bucht zuführen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Siebenter Abschnitt.

Der Hafen von Pillau.

Digitized by Google

Digitized by Google

§ 49.

Verschiedene Tiefe.

Der Stromschlauch, der ein Haff oder einen gröfsern Binnensee mit der Ostsee verbindet, wird, wenn er keine bedeutende Länge hat, ein Tief genannt. Ein solches mufs hinreichende Weite und Tiefe haben, damit die Seeschiffe in das Haff und zu den an diesem belegenen Orten gelangen können. Die Strömungen, die sich beim wechselnden Wasserstande der See, oder auch in Folge der Zuflüsse zum Haff darstellen, pflegen im Tief selbst schon die Schiffbarkeit zu erhalten, wogegen die Sandbank oder die Barre, die sich vor dem Tief bildet, wenn sie auch immer unter Wasser bleibt, doch vielfach sich so hoch erhebt, dafs sie gröfsern Schiffen den Uebergang nicht gestattet. Die Aufgabe besteht alsdann darin, das Tief so zu reguliren, dafs der ausgehende Strom in eine bestimmte Richtung gewiesen, und soweit es geschehn kann, auch so verstärkt wird, dafs er auf der Barre noch hinreichende Kraft hat, um daselbst eine tiefere Rinne, die das Seegatt heifst, offen zu erhalten.

Seit mehreren Jahrhunderten hat man sich bemüht, vor dem Pillauer Tief dieses zu erreichen, und es sind dabei vielfach wichtige Erfahrungen gemacht, deren Mittheilung sich rechtfertigen dürfte. Die eigentlichen Hafenbauten stehn hiermit in der innigsten Beziehung, da dieselben zwecklos sein würden, wenn die Verbindung mit der See unterbrochen wäre.

Aufserdem empfiehlt es sich auch, an einem Beispiel zu zeigen, wie ein Hafen entstand, und im Lauf der Zeit sich ausbildete, namentlich wenn derselbe, wie der Pillauer, nach Beendigung der noch in der Ausführung begriffenen Anlagen ohne Zweifel zu den bedeutendsten in Deutschland gehören wird. Hierzu kommt noch, dafs seit der Eröffnung des neuen Tiefs vor nahe 600 Jahren

Digitized by Google

seine weitere Ausbildung mit historischer Gewissheit sich verfolgen läfst. Wenn aber die nachstehnden Mittheilungen sich nicht auf das Technische beschränken, sondern auch die Verwaltung und manche Umstände berühren, welche die Ausbildung des Hafens beförderten oder erschwerten, so wird es dem angehenden Baumeister nützlich sein, hiervon Kenntnifs zu nehmen und ihn auf Schwierigkeiten vorbereiten, denen er in ähnlichen Fällen entgegen sehn mufs.

Pillau liegt an der Mündung des Ostpreufsischen Frischen Haffs in die Ostsee, und bildet den Vorhafen für Königsberg und Elbing, indem wegen der Untiefen im Haff die gröfsern Schiffe zur Zeit bis zu diesen nicht gelangen können. Ueber das Frische Haff, seine Trennung von der Ostsee durch die Nehrung und seine sonstigen Eigenthümlichkeiten ist bereits § 13 die Rede gewesen. Fig. 27 auf Taf. IV zeigt im Allgemeinen die Lage von Pillau.

Von der südwestlichen Ecke des Samlandes oder der 4 Meilen breiten Halbinsel, die zwischen See und Haff westlich von Königsberg liegt, erstreckt sich in süd-südwestlicher Richtung eine kleinere Halbinsel, die gleichsam die Fortsetzung der gegenüber liegenden Nehrung bildet. Sie unterscheidet sich von dieser jedoch dadurch, dafs sie, wenn auch mit Sand bedeckt, doch aus Thonboden besteht. Neben dem alten Schlofs Lochstädt hat sie die geringste Breite. Weiterhin verbreitet sie sich wieder und hinter den Dörfern Camstigal und Alt-Pillau wird der Thonboden in einer von Nordwest nach Südost gerichteten Linie plötzlich abgeschnitten. An das westliche Ende dieser Linie schliefst sich aber wieder eine noch schmälere und kürzere Halbinsel an, die sehr niedrig ist und nur aus abgelagertem Seesand besteht. Am äufsern Ende von dieser liegt das Städtchen Pillau und daneben der Hafen.

Die ausgedehnte, vom Wasser bedeckte und gleichfalls aus Seesand gebildete Untiefe, welche die Situationszeichnung im Haff neben Pillau angiebt, war früher nicht vorhanden. Die daselbst liegenden Schiffe waren daher bei südlichen und östlichen Winden einem starken Wellenschlag, und beim Aufgange des Eises augenscheinlichen Gefahren ausgesetzt. Um sie zu sichern, wurde der auf der Nordseite der Stadt damals vorhandene Sumpf ausgetieft und in einen kleinen Hafen verwandelt. Derselbe besteht

Digitized by Google

noch gegenwärtig und heifst der Graben (vergl. Fig. 143 Taf. XXVIII).

Dieses war der erste Anfang des dortigen Hafenbaues. Später wurde auf der Ostseite von Pillau eine daselbst befindliche Untiefe künstlich bis über Wasser erhöht. Die zwischen dieser, dem sogenannten Russischen Damm, und der Stadt liegenden Schiffe waren nunmehr gesichert, und dieser Raum bildet bis zur neusten Zeit den eigentlichen Hafen, der jedoch inzwischen wesentlich vergröfsert ist.

Der Hafen mündet in das Tief, in welchem die Tiefe, selbst für die gröfsten Schiffe, immer genügend gewesen ist, während der Ausgang nach der See vielfach gesperrt war, indem das Seegatt auf der Barre sich oft stark verflachte. In solchem Fall blieb nur übrig, einen Theil der Ladung der ankommenden Schiffe schon auf der ungeschützten Rhede, also auf offener See, in Lichterfahrzeuge überzunehmen oder in gleicher Weise die ausgehenden Schiffe daselbst vollständig zu befrachten. Dieses verursachte augenscheinlich bedeutende Kosten und war bei plötzlich eintretenden Westwinden mit grofsen Gefahren verbunden. In solchen Zeiten wurden die gröfsten Schiffe auch gar nicht nach Pillau befrachtet.

Zur Beseitigung dieses Uebelstands, der nunmehr seit 25 Jahren nicht eingetreten ist, sind, wie aus Folgendem sich ergeben wird, sehr bedeutende Bauten ausgeführt, die auch gegenwärtig noch fortgesetzt werden.

In gleicher Art, wie auf der Seeseite, ist das Tief auch vor dem Haff von Sandbänken umgeben, über welchen nur eine mäfsige Fahrtiefe sich vorfindet, die also gleichfalls den Uebergang grofser Schiffe verhindern. Diese Bänke bestehn aus dem Seesande, der durch den Küstenstrom bis vor das Tief getrieben und vom eingehenden Strom gefafst, durch das Tief geführt, und hinter demselben im ruhigen Wasser niedergefallen ist. Diese ganze Untiefe, die mit dem Camstigaler Haken zusammenhängt, nennt man die Platte oder den Glasmacher. Eine Bucht in demselben, die Fig. 27 auch angedeutet ist, und durch den eingehenden Strom offen erhalten war, hatte vor fünfzig Jahren noch solche Tiefe, dafs mäfsig grofse Schiffe darin liegen konnten. Sie hiefs der Kessel und wurde als ziemlich sichere Binnen-Rhede benutzt. Nur bei nordwestlichen heftigen Winden, wenn die Wellen aus

Digitized by Google

der See ungeschwächt in das Tief einliefen, geschah es nicht selten, dafs die Ankertaue der im Kessel liegenden Schiffe brachen, und diese, auf die flacheren Untiefen geworfen wurden und hier bedeutende Havarien erlitten oder auch wohl zerschellten.

Das einzige Fahrwasser, welches gegenwärtig von Pillau in das Haff führt, ist die sogenannte Renne (vergl. Fig. 144 auf Taf. XXIX), die von der Nehrungs-Spitze aus südöstlich gerichtet ist. Die nach Königsberg aufgehenden Schiffe müssen daher zunächst südwärts steuern, während sie später ostwärts gehn. Zu dieser Unbequemlichkeit, die oft das Auslaufen aus Pillau verhindert, während der Wind für die weitere Fahrt nicht ungünstig ist, kommt noch der Uebelstand, dafs in der Renne, die von der Strömung aus dem Elbinger Haff gekreuzt wird, nur durch ununterbrochene Baggerung die Tiefe von etwa 12 Fufs erhalten werden kann.

In der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts war die Renne unter den drei Fahrwassern, die damals von Pillau in das Haff führten, das flachste, wenigstens nicht tiefer, als die sogenannte Alte Fahrt, die in noch früherer Zeit von allen Schiffen benutzt wurde. Diese zog sich neben dem Schwalkenberge oder dem hohen Ufer bei Alt-Pillau, Wogram und Camstigal in östlicher Richtung hin. Dieses Fahrwasser galt als sehr günstig, doch lagen darin mehrere grofse Steine, die sorgfältig vermieden werden mufsten. Es ist jetzt vollständig versandet, so dafs selbst Ruderböte nicht mehr hindurchkommen. Ein drittes Fahrwasser, das im Anfange des vorigen Jahrhunderts das tiefste und zugleich für die Schiffahrt nach Königsberg auch das bequemste war, führte in südöstlicher Richtung aus dem Tief durch den Kessel nach dem Haff. Es hat auch gegenwärtig noch die Tiefe von etwa 3 Fufs, woher es bei starken Anschwellungen zuweilen von den kleinsten Schiffen benutzt wird. Man bezeichnet es durch die Benennung über den Heerd.

Das jetzige Tief, oder die Verbindung zwischen der See und dem Frischen Haff, besteht erst seit einigen Jahrhunderten. In früherer Zeit hat die Ausmündung des Haffs mehrmals ihre Stelle gewechselt, und zwar hat sie an Punkten sich ausgebildet, die mehrere Meilen von einander entfernt sind.

Die Umgebungen von Pillau wurden wahrscheinlich schon

Digitized by Google

im frühsten Alterthum den handeltreibenden Völkern bekannt. An der westlichen Küste des Samlandes, die sich von Pillau aus vier Meilen weit nach Norden erstreckt, findet sich der Bernstein häufiger, als sonst irgend wo, und schon bei den Phöniziern war er ein gesuchter Handels-Artikel. Der Heilige Adalbert, der zuerst das Christenthum in Preussen predigte, soll ums Jahr 997 in der Nähe von Lochstädt ermordet sein. Als der Deutsche Orden 1250 in das Samland eindrang, war Lochstädt bereits ein festes Schloſs, das um so gröſsere Bedeutung hatte, als die Verbindung zwischen dem Frischen Haff und der See, oder das Tief, sich unmittelbar daneben befand. Die kriegerische und zahlreiche Bevölkerung des Samlandes leistete dem Orden lange Zeit hindurch Widerstand, und wenn auch erst durch die Schlacht bei Rudau im Jahr 1370 dieser Kampf beendigt wurde, so baute der Orden doch schon 1265 das jetzige Schloſs Lochstädt.

Noch gegenwärtig ändern sich in einzelnen Theilen die Umgebungen und Umgrenzungen des Haffs, wiewohl man denselben meist begegnet, man darf daher mit Sicherheit annehmen, daſs dieses in früherer Zeit weit mehr geschah. Die steil sich erhebenden und nur aus diluvialen Ablagerungen bestehenden hohen Ufer vor Camstigal und Balga, die auch gegenwärtig dem Abbruch noch nicht ganz entzogen sind, traten ohne Zweifel einst weiter vor und standen vielleicht mit einander in Verbindung. Die ausgedehnte Niederung an der Mündung der Nogat schob sich durch die Alluvionen in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts noch in jedem Jahr um $11\frac{1}{2}$ Ruthen weiter in das Haff hinein (Theil I dieses Handbuchs, § 24). Auch auf der Nehrung fliegt jedes Sandkörnchen, das nicht durch künstliche Anlagen oder durch natürlichen Pflanzenwuchs zurückgehalten wird, von der See- nach der Haffseite. Daſs die Nehrung aber früher sich weiter in die See erstreckte, ergiebt sich daraus, daſs man stellenweise bis 10 Ruthen vor den Ufern bei ruhiger Witterung starke Baumwurzeln unter Wasser sieht, die auffallender Weise jedesmal ihre natürliche Stellung beibehalten haben, also eine allgemeine Senkung des Bodens vermuthen lassen. Die grofsen Stücke Darg oder Seetorf, die beim Sturm an das Ufer geworfen werden, scheinen anzudeuten, daſs diese Senkung beim Anwachsen der Dünen durch Compression des Untergrundes erfolgte.

Digitized by Google

Jedenfalls kann man auch gegenwärtig noch von der Bewegung des losen Sandes sich überzeugen (§ 25). So lange aber die Dünen sich selbst überlassen blieben und sich bald vor einem Weidenstrauch hoch anhäuften, bald aber, indem der Wind sie besonders stark traf, stellenweise so angegriffen wurden, dafs Vertiefungen bis zum Niveau des Meeres sich darin bildeten, so darf es nicht befremden, dafs auch das Wasser beim Anschwellen der See durch solche Rinnen hindurchfloſs und schliefslich sie so erweiterte und vertiefte, dafs sie die schiffbare Verbindung zwischen See und Haff darstellten, während die frühern Ausmündungen, in welchen hierdurch die Strömung geschwächt wurde, nunmehr sich verflachten und vollständig schlossen. Dafs Umgestaltungen dieser Art in jener Zeit, wo keine künstlichen Sicherungsmittel angewendet wurden, leicht erfolgen konnten, zeigt auch ein neueres Ereignifs. Im Jahre 1840 durchbrach nämlich die Weichsel bei einer Eisversetzung im untern Theil ihres Laufs plötzlich die Nehrung bei Neufähr und eröffnete hier in kurzer Zeit eine so weite Mündung, dafs diese sogleich den ganzen Strom aufnahm, dessen verlafsnes Bett seitdem in einen todten Arm verwandelt ist.

Sehr wichtig ist die Frage, ob das Frische Haff stets, wie jetzt, eine zusammenhängende Wasserfläche bildete, oder ob es einst aus zwei Binnenseen bestand, die durch hohes Land zwischen Camstigal und Balga von einander getrennt wurden. Voigt*) nimmt das Letzte an, und vermuthet, dafs dieses im Haff untergegangene Land das Witland gewesen, von dem in den Urkunden des dreizehnten Jahrhunderts mehrfach die Rede ist. Auch hat sich in der Umgebung von Pillau noch die Sage erhalten, dafs man einst trocknen Fufses vom Camstigaler Ufer nach dem Balgaer hätte herübergehn können, indem in der schmalen Rinne, die beide trennte, der Schädel eines Thiers lag, auf den man dabei auftrat. Henneberger sagt dagegen, das jetzige Samland wäre früher Witland genannt worden, woher Lochstädt bei der Ankunft des Ordens Witlandsort hiefs. Wenn es auch denkbar ist, dafs die aus Thonboden bestehende Verbindung, die auf beiden Seiten von den Wellen angegriffen wurde, im Lauf der

*) Geschichte Preufsens. Erster Band. Königsberg 1827. Achte Beilage, Seite 677 ff.

Digitized by Google

Zeit durchbrach, so ist es unerklärlich, dafs gerade an dieser Stelle die gröfste Tiefe sich ausbilden konnte, die im jetzigen Haff vorkommt.

Die Entstehung der Frischen Nehrung fällt jedenfalls in vorhistorische Zeiten, wenn auch einzelne Chroniken-Schreiber sie in das Jahr 1200 versetzen.

Die früheste Verbindung zwischen See und Haff, deren die Geschichte erwähnt, oder das erste Tief, lag Tolkemit oder Frauenburg gegenüber. Dasselbe ist ohne Zweifel nichts Andres als das Fliefs, von dem Henneberger sagt, dafs es zwischen Vogler und Schmergrube gelegen habe, und 1311 versandet sei. Der Ort Vogler besteht noch, Schmergrube lag aber zwischen Vogler und Kahlberg. Diese Stelle, die in der That Frauenburg gegenüber sich befindet, ist also ziemlich genau bezeichnet, doch läfst die Benennung „Fliefs" vermuthen, dafs das Tief in damaliger Zeit schon sehr versandet gewesen. Voigt sagt, die Stelle, wo es gelegen, gebe sich noch zu erkennen, ich habe indessen vor 50 Jahren mehrmals vergeblich darnach gesucht. Waldungen existiren hier nicht mehr, dieselben beginnen erst bei Kahlberg und ziehn sich alsdann bis gegen die neue Weichsel-Mündung hin. Nordöstlich von Kahlberg ist die Nehrung kahl, und der Sand hat sich hier nicht in unregelmäfsigen Dünen-Hügeln, sondern in ausgedehnten hohen Plateaus angehäuft, und wenn dazwischen auch einzelne Vertiefungen geblieben oder vielleicht später durch den Wind eingerissen sind, so läfst kein Umstand die Lage dieses früheren Tiefs mit einiger Sicherheit erkennen. Gewifs begründet sich aber hieraus kein Zweifel gegen die Thatsache, dafs die Nehrung hier einst durchbrochen war. Wo so grofse Sandmassen ein Spiel des Windes sind, können dieselben in viel kürzerer Zeit, als in fünf Jahrhunderten, jede Spur des früheren Wasserlaufs verdecken.

Dafs bei Lochstädt ein Tief existirte, als der Orden nach Preufsen kam, ist eine historisch begründete Thatsache, doch giebt es keinen Grund zu der gewöhnlichen Annahme, dafs dasselbe nicht schon mit dem ersten, oder dem Frauenburg gegenüber liegenden, gleichzeitig bestanden hätte. Wenn einst das Camstigaler Ufer mit dem Balgaer zusammenhing, so bildete das letzt erwähnte Tief die Verbindung des Elbinger Haffs mit der See,

Digitized by Google

während das Königsberger Haff, das sich gewifs ostwärts in den jetzigen Pregelwiesen viel weiter ausdehnte und mit der Bucht vor Fischhausen zusammenhing, theils durch das Lochstädter Tief abflofs, theils aber auch durch die Deime, 5 Meilen oberhalb Königsberg, in das Curische Haff mündete. Es fehlt indessen so sehr an sichern Thatsachen und jede Vermuthung führt zu so erheblichen Bedenken, dafs es zwecklos wäre, auf letztere noch näher einzugehn.

Die Situations-Zeichnung Fig. 140 auf Taf. XXVI zeigt die Umgebungen des Schlosses Lochstädt. Der Orden begann den Neubau desselben 1265. Es besteht zum Theil noch und wird bewohnt. Auch die Kirche wird gegenwärtig noch zum Gottesdienst benutzt. Es ist eines der schönsten Monumente der mittelalterlichen Architektur in Ost-Preufsen.

Der Hügel, auf dem es steht, erhebt sich 40 Fufs über den mittleren Spiegel der See, und zeigt den Diluvial-Boden. Das Terrain umher ist mit Seesand überdeckt. Die Wiesen am Haff, über die in neuster Zeit die Eisenbahn geführt ist, entstanden wohl nach der Versandung des Tiefs, jedenfalls existirte aber schon damals das höhere Thonufer.

Anders verhält es sich mit dem See-Ufer. Dasselbe bricht bis nach Brüsterort hin, also soweit es sich nach Norden erstreckt und dem vollen Angriff der westlichen Stürme ausgesetzt ist, sehr stark ab. Lochstädt gegenüber hat man freilich seit etwa 60 Jahren durch Dünenbauten dasselbe zu sichern versucht, wenn es aber auch zuweilen geglückt ist, durch Auffangen des Sandes den Anfang einer Vordüne daselbst zu bilden, so wird diese doch bei jedem heftigen Sturm zerstört und der davor liegende Sand so vollständig fortgespült, dafs das steile Thonufer wieder zu Tage tritt und neuen Angriffen ausgesetzt ist. In Betreff der Cultur der über dem Thon liegenden Sandschellen hat der Dünenbau hier zu sehr günstigen Resultaten geführt, denn an der Stelle, die gegenwärtig mit dichtem Walde von Laubholz und Kiefern bedeckt ist, auf der Charte die Plantage benannt, sah man vor 50 Jahren nur die kümmerliche Vegetation von Dünengras und einige vereinzelte Weiden. Diese Pflanzung auf dem hohen Ufer kann indessen augenscheinlich den weitern Abbruch des Uferrandes nicht verhindern, zu einem sichern Schutz desselben durch

Digitized by Google

Einbaue hat man sich indessen wegen des sehr langsamen Abbruchs noch nicht entschlossen.

Auf demselben Plan ist auch die Lage der St. Adalberts Capelle angegeben (irrthümlich St. Albrecht bezeichnet). Von dieser sind gegenwärtig nur wenige Spuren der Fundamente noch vorhanden, worauf in neuerer Zeit ein eisernes Kreuz errichtet ist. Die Capelle wurde angeblich an derselben Stelle, wo der Heilige erstochen war, im dreizehnten Jahrhundert erbaut. Pisanski sagt, indem er sich auf frühere sehr unbestimmte Mittheilungen stützt, sie sei eine Meile vom Meeresufer entfernt erbaut worden. Im Jahr 1832, als ich diese Situation aufnahm, betrug die Entfernung nur 50 Ruthen. Hiernach müfste das Ufer durchschnittlich in jedem Jahr etwa 40 Fufs zurückgewichen sein, was man kaum annehmen darf, da der Abbruch gegenwärtig viel geringer ist, während demselben in keiner Weise vorgebeugt wird.

Südlich vom Schlofs zieht sich eine Niederung in ziemlich gerader Richtung vom Haff nach der See hin. In der Situations-Zeichnung ist sie durch die eingeschriebenen Zahlen bezeichnet, welche die Höhe des Terrains über dem mittleren Wasserstande der See angeben. Dafs hier das Tief gelegen habe, findet Bestätigung in zwei sehr alten perspectivisch gezeichneten Charten auf dem Königsberger Archiv. Dieselben sind augenscheinlich sehr roh und ohne wirkliche Messung nur nach dem Augenschein entworfen, und weder mit einer Jahreszahl, noch mit einem Maafsstab versehn. Beide stimmen mit einander genau überein, woher die eine nur Copie der andern ist. Sie zeigen links das Schlofs Lochstädt, rechts die See und im Hintergrunde die Baumgruppen des Waldes, der noch besteht. Auf eine dieser Charten ist ungefähr in der Richtung der erwähnten Niederung ein Graben eingezeichnet, dessen Maafse mit alterthümlicher Schrift beigefügt sind, nämlich 74 Faden lang, 25 Faden weit, 4 Faden tief. Wahrscheinlich bezogen sich diese Charten auf ein Project, das theilweise versandete Tief wieder auszugraben. Die sonstigen Documente des Archivs geben hierüber keine Auskunft.

In der Zeit, als ich Hafen-Bauinspector in Pillau war, und mich bemüht hatte, durch Zäunungen den vor dem See-Ufer vorbeitreibenden Sand zur Bildung einer Vordüne aufzufangen, trat im October 1828 ein sehr heftiger Sturm aus Westen ein, der diese

Digitized by Google

Dünenbauten vollständig zerstörte, und die steilen Thonufer, die bisher mit Sand überweht waren, wieder blofs legte. An der Stelle, wo die erwähnte Niederung in die See trat, waren die Thonufer aber nicht zu bemerken, und jedenfalls konnte unter den dortigen Verhältnissen eine Thonablagerung sich nicht wieder bilden. Das frühere Tief war also unbedingt nur durch reinen Seesand verschüttet. Die Breite desselben liefs sich also sicher feststellen, sobald untersucht wurde, in welcher Breite und zwar in der Höhe des mittlern Standes der See der Thonboden durch den Sand unterbrochen war. Zu diesem Zweck liefs ich in der Richtung des Fufses des höhern Ufers den Strand aufgraben, und es ergab sich, dafs in der Verlängerung jener Niederung der Thonboden wirklich nicht vorhanden war, und zwar fehlte er in der benannten Höhe auf eine Länge von 52 Ruthen. In der Charte sind diese Grenzen durch die Buchstaben *B* und *C* bezeichnet.

Das Lochstädter Tief hatte sonach vergleichungsweise zu dem jetzigen nur eine sehr geringe Breite, während es, wenn man den inzwischen erfolgten Abbruch des See-Ufers nicht berücksichtigt, doch wenigstens 250 Ruthen lang war. Diese Länge verdoppelt sich aber, wenn man auch nur annimmt, dafs das Ufer in jedem Jahr durchschnittlich um 5 Fufs zurückwich.

Das Tief bei Pillau hat durch die seit 300 Jahren ausgeführten Anlagen und Bauten wesentlich an Breite verloren und an Länge gewonnen. Die Dimensionen desselben in seinem natürlichen Zustande ergeben sich aus der Charte, welche der Kriegs- und Domänenrath Lilienthal seinem Bericht vom 22. Januar 1767 über die Verbesserung des Hafens beifügte. Nach derselben betrug die Breite des Tiefs 160 Ruthen, seine Länge war aber gar nicht zu bemessen, weil die noch unbefestigte Nehrung in eine scharfe Spitze auslief. Dieser auffallende Unterschied unterstützt vielleicht die Ansicht, dafs das Lochstädter Tief nur zu einer Zeit entstehn konnte, als der dahinter belegene Binnensee von festeren Ufern umschlossen war und die Nehrung gar nicht berührte. Jenes oben erwähnte, ältere oder das Frauenburger Tief bestand also wahrscheinlich gleichzeitig mit diesem.

Zu welcher Zeit das Lochstädter Tief versandete, ist nicht mit Sicherheit anzugeben. Henneberger sagt*) in der Beschreibung

*) Erklärung der Preufsischen Landtafel 1595.

Digitized by Google

von Lochstädt: „Anno 1311 erhub sich im Augusto ein so greulicher Sturm und Ungewitter, dafs man meinete, das Land würde untergehn, in welchem sich das schöne Tieff an dem Schlosse erfüllet". Bei Beschreibung der Tiefe spricht sich Henneberger in demselben Werk noch ausführlicher hierüber aus. Er sagt: „das Lochstädter sei ein gar schönes Tieff gewesen, aber Anno 1311 waren drei greuliche Sturmwinde, einer im Augst, der andere auf Donati, der dritte auf Michaelis und erfülleten dies Tieffe". Unter der Ueberschrift: „das andere Tieff", fügt er hinzu: „Als sich nun das erste oder das Lochstädter Tieff erfüllet, da erfüllete sich auch das Flies zwischen Fogler und Smergrube und rifs das andre Tieff gegen der Balge über, so man fort das Alte Tief nennet". Nach Simon Grunaw verschwand im Jahre 1395 das Lochstädter Tief, und gleichzeitig entstand ein andres, Rosenberg gegenüber, das anfänglich 9 Faden tief war.

An der Empore der Kirche in Alt-Pillau, die freilich, nachdem die ältere abgebrannt war, erst im Jahre 1657 erbaut wurde, befindet sich, vom damaligen Schulmeister verfafst, eine Inschrift, die vollständig hier mitgetheilt werden mag, da sie als wichtiges historisches Document vielfach angesehn wird. „Anno 1311 im Monat August ist durch einen ungewöhnlich starken Sturm das damalige Tief unter Lochstädt gänzlich erfüllet, und dahingegen in der Nehrung, gegen der Balga über, wiederum ein neues durchgebrochen, welches denn auch bis ins folgende 1479ste Jahr beständig geblieben. Anno Christi 1479 im Monat Januar am Tage der heiligen drei Könige entstand wiederum ein heftiger Sturm aus Norden, und hielt vier Tage nach einander dermafsen an, dafs die Nehrung anderweit allhier durchgerissen und bei Pillau das jetzige schöne Tief diesem guten Lande und den seefahrenden Leuten der Allerhöchste verliehen, welches denn auch von der Zeit ab bis anjetzo beständig geblieben."

Das sogenannte Balgasche Tief lag nicht sowohl dem Schloss Balga, als vielmehr dem Städtchen Heiligenbeil gegenüber. In geringer Entfernung von dem letztern befindet sich das Dorf Rosenberg, und sonach stimmen die obigen Angaben mit einander überein. Es ist wahrscheinlich, dafs das Schlofs Balga, auf dem hohen Ufer belegen, seine Bedeutung erst durch dieses Tief erhielt, und sonach erklärt es sich, dafs Letzteres nach ihm benannt

Digitized by Google

wurde. Andrerseits macht Töppen*) darauf aufmerksam, dafs wahrscheinlich das Schlofs nach dem Tief benannt wurde. Die Benennung Tief kommt nämlich erst in den Urkunden des fünfzehnten Jahrhunderts vor, die älteren Documente sprechen von Balgen. Das Wort, Balje, ist noch gegenwärtig an der Deutschen Nordsee-Küste üblich, und bedeutet die Rinne, durch welche die Fluth über ein Watt tritt.

Man darf nicht voraussetzen, dafs dieses Tief beim Schluss des Lochstädter, vielleicht auch des Frauenburger, sich plötzlich eröffnete und sogleich vollständig ausbildete, vielmehr ergeben die späteren Mittheilungen, dafs die Nehrung an vielen Stellen so niedrig war, dafs bei hoher See das Wasser überflofs, woher, so lange die Neben-Oeffnungen nicht künstlich geschlossen wurden, wohl immer mehrere Verbindungen von gröfserer oder minderer Tiefe gleichzeitig neben einander bestanden. Die Angaben in den alten Chroniken beziehn sich aber nur auf diejenigen Verbindungen, durch welche Schiffe hindurchgehn konnten. Es erklärt sich, dafs, sobald eine dieser Rinnen zufällig an Capacität gewann, die Strömung in der andern sich vermindern mufste, und so konnte eine flache Verbindung schon lange bestanden haben, bevor ihrer Erwähnung geschieht.

Die Stelle, an welcher das Balgaer Tief sich gebildet hatte, ist in Fig. 27 auf Tafel IV mit *B* bezeichnet. Sie war im Jahr 1827 noch deutlich zu erkennen. Nahe eine halbe Meile südlich von dem Hause, welches noch heutiges Tages Alt-Tief heifst, tritt vom Haff aus eine tiefe Bucht in die Nehrung, wodurch die Breite der letzteren hier überaus geringe wird und nur 110 Ruthen mifst. Die Sandablagerungen sind aufserdem daselbst sehr niedrig, und man sah dazwischen sogar eine tiefe Einsenkung, die bis unter den Spiegel der See hinabreichte, also stets mit Wasser bedeckt war und worin Binsen wuchsen. Aehnliche Vertiefungen mit dieser Vegetation finden sich im nördlichen Theil der Frischen Nehrung nicht wieder vor und zeigen sich nur weiter südwestlich, wo der Boden nicht mehr aus reinem Seesand besteht. An der

*) In dem Aufsatze, überschrieben „Die Frische Nehrung und der grofse Werder", in den Preufsischen Provinzial-Blättern, neue Folge Bd. 1, 1852, S. 85.

Digitized by Google

erwähnten tiefen und schmalen Stelle wurde auch später ein Durchbruch befürchtet, woher man schon im vorigen Jahrhundert daselbst Zäunungen ausführte. Dafs hier das Tief gewesen sei, bestätigt sich endlich auch durch die Wassertiefe in der erwähnten Bucht des Haffs, die 10 Fufs mifst, woher kleinere Fahrzeuge hier einen sichern und bequemen Ankerplatz finden.

Nach den geschichtlichen Nachrichten wird auch dieses Tief sehr gerühmt, indem es leicht und ohne Gefahr durchfahren werden konnte. Die Tiefe desselben wird sehr verschieden angegeben, Henneberger spricht von 15 Ellen, Andere sogar von 9 Faden. Wahrscheinlich waren jene 15 Ellen nur in dem eigentlichen Tief gemessen, während seewärts bedeutend höhere Sandbänke davor lagen. Es hatte also grofse Aehnlichkeit mit dem jetzigen Tief, und man begnügte sich damit um so mehr, als die Schiffe damals noch kleiner waren.

Mehrere an dem Haff belegene Städte, namentlich Königsberg, Elbing, Braunsberg, Frauenburg und Tolkemit betheiligten sich schon früh an dem Seehandel, und der Wohlstand in dem ganzen Gebiet des Ordens hob sich dadurch in erfreulicher Weise. Eine Folge hiervon war, dafs auf die Erhaltung des Tiefs grofse Aufmerksamkeit verwendet wurde. Sehr wichtig ist in dieser Beziehung ein Schreiben des obersten Marschalls an den Hochmeister vom 23. März 1426, welches Töppen in der oben bezeichneten Abhandlung mittheilt. Der Marschall hatte mit den Räthen von Elbing und Königsberg das neue Tief besichtigt. Es waren auch mehrere Meister als Sachverständige zugegen, da diese aber nach seiner Meinung das Bedürfnifs zu hoch anschlagen würden, so hatte er noch einen zuverlässigen Meister aus Danzig mitgenommen. Er sagt, das ganze Tief (wohl mit Einschlufs des See-Gatts) sei eine kleine halbe Meile lang, die Breite des tiefen Fahrwassers betrage ungefähr 34 Ruthen und dasselbe sei 6 Ellen tief. Sobald wärmere Witterung eintrete, solle eine genauere Messung gemacht werden. Nach einer vorläufigen Besprechung mit dem Danziger Meister erachte er 500 Schock kleines und grofses Holz für nothwendig. In welcher Art man dieses Holz verwenden wollte, wird nicht mitgetheilt. Man sollte glauben, dafs von Ufereinfassungen die Rede wäre, weil zu den Zäunungen schon in damaliger Zeit nur Strauch benutzt wurde.

Digitized by Google

Wenige Jahre darauf, nämlich 1430, wurde die Genehmigung ertheilt, dafs aus den bei Pillau belegenen Waldungen des Marschalls Strauch entnommen werden sollte, auch wurden die Mannschaften mehrerer Aemter aufgeboten, um verschiedene Einrisse in der Nehrung zu schliefsen, also um neue Durchbrüche zu verhindern. Namentlich geschah dieses auf dem nördlichen Theil der Nehrung, also vielleicht an derselben Stelle, wo sich später das Pillauer Tief bildete.

Andrerseits wurde der Handel von Danzig durch die Concurrenz der am Haff belegenen Städte beeinträchtigt, und um die frühern Verhältnisse wieder herzustellen, „verfülleten", wie Henneberger sagt, die Danziger im Jahr 1456 dieses neue Tief sowohl an der innern, als an der äufsern Seite, so dafs nunmehr die Tiefe nur noch 3 Ellen betrug. In welcher Weise diese Verfüllung geschah, theilt Henneberger nicht mit, es ist aber wohl anzunehmen, dafs Schiffe versenkt wurden. Der mittlere Theil war ohne Zweifel zu tief, als dafs man denselben sperren konnte, daher geschah dieses auf den Sand-Ablagerungen an der Seeseite.

Später, und zwar nachdem das neue Tief bei Pillau sich bereits geöffnet hatte, nämlich 1520, wiederholten die Danziger während der Abwesenheit des Hochmeisters dasselbe Unternehmen. Sie versenkten im ältern Tief auf der Seeseite zwei Schiffe und zwei Böte, auf der Haffseite dagegen fünf Weichselkähne, die sämmtlich mit Steinen beladen waren. Aufserdem „verpfählten" sie auch noch das Fahrwasser. Hierdurch wurde das Balgasche Tief nicht nur für die Schiffahrt gesperrt, sondern auch vollständig zur Verlandung gebracht. Dieser letzte Erfolg lag gewifs nicht im Interesse der Danziger, denn gerade hierdurch wurde augenscheinlich die schnelle Ausbildung des neuen Tiefs bei Pillau wesentlich befördert. Schon Henneberger bemerkt dieses und schliefst hieran eine moralische Betrachtung über den Neid an.

Nach der oben mitgetheilten Inschrift in der Kirche zu Alt-Pillau entstand das gegenwärtige oder das Pillauer Tief bereits 1479, nach Henneberger geschah dieses jedoch erst 1510 am St. Euphemien-Tage. Nach andern Nachrichten erfolgte der erste Durchbruch nicht an der Stelle des jetzigen Tiefs, sondern am Fufs des höhern Thonufers bei Alt-Pillau. Diese Mittheilung ist in sofern wahrscheinlich, als die sehr gerade Begrenzung des hohen

Digitized by Google

Thonufers sich hierdurch erklärt. Ob die letzte Verlegung dieses Tiefs von hier bis an seine jetzige Stelle, wodurch es also etwa 400 Ruthen weiter nach Süden rückte, plötzlich und während eines Sturms geschah, wie behauptet wird, oder ob sie nach und nach erfolgte, mufs dahin gestellt bleiben. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, dafs in einer Zeit, wo man die aus losem Sande bestehenden Ufer sich selbst überliefs, das Tief nicht unverändert an derselben Stelle blieb, sondern sich leicht verlegen konnte, indem die starke Durchströmung auf einer Seite Abbrüche und auf der andern Verflachungen veranlafste. Bis zur neusten Zeit wiederholt sich aber stets die Erscheinung, dafs das See-Gatt sich nach und nach südlich wendet, indem aber die Lage des Tiefs durch Befestigung der beiderseitigen Ufer jetzt gesichert ist, so bricht endlich bei starker Ausströmung vor demselben ein neues nordwestlich gerichtetes See-Gatt durch, das aber wieder nicht dauernd ist, sondern bald dieselbe Veränderung zeigt. Man darf wohl annehmen, dafs die periodische Rückkehr zur frühern Richtung nur durch die unveränderte Lage des Tiefs veranlafst wird, dafs dieses aber dem See-Gatt folgen würde, wenn es nicht durch Uferbauten daran gehindert wäre. In dieser Weise würde es sich erklären, dafs das Tief allmälig weiter nach Süden rückte. Seit 1510 scheint keine merkliche Veränderung eingetreten zu sein. Am 16. September 1810 wurde von den Bewohnern und Behörden Pillau's das dreihundertjährige Bestehn des jetzigen Tiefs gefeiert.

Auch dieses Tief wollten die Danziger bald darauf wieder sperren, aber der Hochmeister, unterstützt von den drei Städten, das heifst von Königsberg (damals Altstadt, Löbenicht und Kneiphof), verhinderte dieses. Zwei Schiffe, auf denen man mit dem Eintreiben von Pfählen beschäftigt war, so wie auch einige andre wurden in den Grund geschossen, und indem gleichzeitig ein Gewitter sich erhob, ging die ganze Danziger Flotte zu Grunde. In den nächsten Tagen untersuchte man das Fahrwasser, und es ergab sich, dafs dasselbe ganz offen war, und ohne Gefahr befahren werden konnte.

Digitized by Google

§ 50.

Sicherung des Tiefs.

Wenn nunmehr auch nahe zwei Jahrhunderte vergingen, bevor ein Hafen neben dem neuen Tief angelegt wurde, so war man doch sogleich darauf bedacht, die Eröffnung andrer Tiefe, wobei dieses leiden würde, zu verhindern und aufserdem auch dasselbe vor Versandung zu schützen. Man wollte nur ein hinreichend tiefes Fahrwasser zwischen der See und dem Haff darstellen. Die Einrichtung eines Hafens daneben war aber weniger dringend, da die Schiffe ohne Aufenthalt nach Königsberg und den andern Bestimmungsorten aufgingen.

Von dieser Zeit ab enthält das Geheime Archiv in Königsberg vielfache interessante Mittheilungen, theils in schriftlichen Documenten, und theils in alten Charten, die bis in das sechszehnte Jahrhundert hinaufreichen. Es ergiebt sich hieraus, wie aufmerksam man sogleich auf diese Verbindung mit der See gewesen, und wie sehr man sich bemühte, dieselbe nicht nur zu erhalten, sondern auch nach Möglichkeit zu verbessern. Zum Verständnifs dieser Nachrichten mufs aber sogleich darauf hingewiesen werden, dafs man in damaliger Zeit, wie sich namentlich aus den Charten ergiebt, dem Worte Tief zwei ganz verschiedene Bedeutungen beilegte, indem dasselbe nicht nur die Verbindung zwischen Haff und See, also das zwischen den beiden vortretenden Landzungen befindliche Wasser, sondern zugleich die von Untiefen begrenzte Fahrrinne nach der See bezeichnete. Was man also heutiges Tages See-Gatt nennt, hiefs damals Tief. Auf einer Charte von 1623 sind sogar beide Benennungen mit einander verwechselt. Wenn daher vielfach noch später von zwei Tiefen die Rede ist, die gleichzeitig bestanden, ohne dafs ein neues Tief durch die Nehrung durchgerissen wäre, so bedeutet dieses nur, dafs auf der Barre zwei Rinnen, oder zwei See-Gatte bestanden, welche von den Schiffen durchfahren wurden.

Am Abhange des hohen Ufers, welches sich von Camstigal bei Alt-Pillau vorbei bis nach der See hinzieht und das zwischen diesen beiden Dörfern der Schwalkenberg heifst, lag nach den ältesten Charten das Dorf Pielaw, das wahrscheinlich nur aus

Digitized by Google

einigen Fischerhütten bestand. Nördlich davon, etwa eine Viertelmeile entfernt, stand das Dorf Wogeram oder Wögerahm. Letzteres ist später auf die Ostseite von Pillau (also von Alt-Pillau) versetzt worden, weil der starke Sandflug das Dorf bedrohte und jede Cultur unmöglich machte. Aufserdem bestand weiter ostwärts auf der Uferecke, welche die Fischhauser Wiek trennt, bereits das Dorf Camstigal.

Der erste Bau, den das neue Tief veranlafste, war ein Zollhaus zur Erhebung der Schiffsgelder, dasselbe hiefs die Pfundbude. Es wird schon in den ältesten Charten als ein gröfseres Gebäude bezeichnet, und bald darauf sogar als zweistöckig. Zur Bestrafung derer, die durchsegelten, ohne den Zoll zu entrichten, wurde zugleich auch ein Galgen erbaut. Die Pfundbude stand auf dem höchsten Punkt des Ufers hinter Alt-Pillau, im Norden der später erbauten Kirche, und der Galgen auf der niedrigen Landzunge in der Nähe des Tiefs. Auf einer der ältesten Charten ist auch noch ein zweiter Galgen auf der Spitze der Nehrung angegeben.

Diese ältesten Charten sind ohne Maafsstab und wahrscheinlich auch ohne wirkliche Messung nur nach dem Augenschein gezeichnet, auch die Jahreszahl fehlt meist. Man sieht auf einigen derselben mehrere Inseln in dem Tief. Grofsentheils zeigen sie aber einen schmalen Streifen Landes, der auf der nördlichen Seite des Tiefs in östlicher Richtung sich in das Haff erstreckt. Diese Landzunge wurde der Haken genannt. Die Entstehung desselben erklärt sich leicht. Der einlaufende Strom führte von der Seeseite aus grofse Sandmassen mit sich, und diese warf er beim Eintritt in das weite Haff zur Seite nieder. Vielleicht bildete sich dieser Haken schon beim Durchbruch der See aus den Sandmassen, welche damals durch die Strömung fortgetrieben wurden. Die Benennung erhielt sich aber lange Zeit hindurch, und selbst als hier bereits eine bedeutende Anzahl von Häusern bestand, wurde der Ort „auf dem Haken“ genannt, während der Name Pillau noch das alte Dorf bezeichnete. Erst im Jahre 1725, als der neu entstandene Ort die Stadtgerechtigkeit erhielt, ging der Name Pillau auf ihn über und jenes Dorf hiefs von dieser Zeit ab Alt-Pillau.

Die Aufsicht über das neue Tief führte der Bürgermeister

Digitized by Google

und Rathmann der drei Städte (Königsberg). Derselbe beschwerte sich im Jahr 1526, dafs die Umwohner in den Waldungen bei Pillau viele Bäume umschlügen. Dadurch würde der Sand blofsgelegt und triebe in das Tief, welches davon „verschlempt" würde. Das Ausholzen müsse verboten und die kahlen Stellen durch Flechtzäune befestigt werden.

Im Jahr 1540 bildete sich ein Durchrifs zwischen dem Blockhause und Pillau. Von diesem alten Blockhause ist wiederholentlich die Rede, obwohl es auf keiner Charte angegeben ist. Die Schweden brachen es später ab, und ohne Zweifel stand es auf der Nordseite des Tiefs. Dieser neue Durchbruch, der sich jedoch nicht ausbildete, vielmehr wohl nur eine flache Rinne darstellte, wurde sogleich durch Zäune geschlossen.

Henneberger's Landtafel, die 1576 in Holzschnitten erschien, und in photolithographischem Umdruck 1863 aufs Neue herausgegeben ist, läfst wenig von den Umgebungen des Tiefs erkennen. Ein hoher Thurm neben dem Worte „Pillaw" bezeichnet die Kirche von Alt-Pillau. Zwei Bäume, die nördlich davon angegeben sind, deuten die Waldungen an. Der Haken fehlt ganz. Sieben hohe und schmale Pyramiden, die zwischen St. Adalbert und der Curischen Nehrung auf dem See-Ufer stehn, sind wohl Feuer-Signale, die bei feindlichen Landungsversuchen angezündet werden sollten. Aehnliche existirten auch noch im Anfange dieses Jahrhunderts.

Eine alte Charte ohne Jahreszahl, auf der jedoch schon eine Schanze angegeben ist, zeigt sowohl auf der Nord- als auf der Südseite des Tiefs sehr ausgedehnte Flechtzäune, wahrscheinlich Projecte zur Ausführung von solchen. Die ganze Situation, und namentlich die südliche Begrenzung des hohen Thonufers, ist nicht richtig gezeichnet, und gewifs liegt der Aufnahme wieder keine wirkliche Messung zum Grunde. Nichts desto weniger ist die Charte als eine der ältesten doch wichtig, woher ihre Mittheilung von Interesse sein dürfte. Fig. 141 giebt sie in halbem Maafsstabe wieder.

Ein Bericht des Pfund- und Geheimschreibers Bergemann vom 8. September 1581 besagt, dafs am 30. und 31. August desselben Jahrs das alte Tief (Gatt) sich so verflacht habe, dafs es nur noch $5\frac{1}{2}$ Ellen tief geblieben, es habe sich jedoch ein neues von $7\frac{3}{4}$ Ellen Tiefe gebildet, welches west-nordwest gerichtet sei.

Digitized by Google

Aus dem Jahr 1582 existirt eine Charte, welche weder eine Schanze, noch irgend eine andre bauliche Anlage zeigt, jedoch besagt, dafs der Norder-Haken, also die niedrige Halbinsel zwischen dem hohen Lande bei Alt-Pillau und dem Tief, „da ihm neulich geholfen, jetzt nutz- und zuträglicher sei, er auch zugenommen habe". Oestlich von seiner südlichen Spitze liegen drei Inseln „so mit dem Haken zu befestigen sein möchten". Vielleicht bildete sich der oben erwähnte, ostwärts gerichtete Haken dadurch aus, dafs diese Inseln sich untereinander und mit dem Festlande verbanden. Auf der sehr breiten Spitze der Nehrung stehn zwei Baaken. Dieselben bezeichnen die Richtung des Fahrwassers nach West-Nordwest. Aufserdem sind auch schon sechs Seetonnen, nämlich drei auf jeder Seite des Gatts, angegeben. Nach den letzten zu urtheilen, dürfte man annehmen, dafs die Untiefe oder die Bank, durch welche das See-Gatt hindurchführt, damals dem Ufer sehr nahe lag. Mit Sicherheit läfst sich dieser Schluſs jedoch nicht ziehn, insofern ein Maafsstab nicht beigefügt ist und daher bezweifelt werden mufs, ob zuverlässige Messungen der Aufnahme zu Grunde lagen.

Aus dem Jahre 1583 enthält das Archiv verschiedene interessante Mittheilungen. Auf Befehl des Markgrafen vom 14. Januar wurde die schleunige Schliefsung eines „2 Seil breiten" Durchrisses zwischen dem Haff und der See in der Nähe von Lochstädt angeordnet. Es scheint, dafs das alte Tief sich damals wieder eröffnet hatte, und eine schwache Durchströmung desselben eingetreten war, da aber fernere Mittheilungen hierüber fehlen, so ist anzunehmen, dafs die Schliefsung bald erfolgte. Im April 1583 berichtete der Bürgermeister von Königsberg, dafs durch die Verlegung der Seetonnen die Schiffer irre geleitet und dadurch Strandungen veranlafst würden. Sobald eine Verlegung nöthig sei, müsse dieses im Sunde angezeigt werden.

In demselben Jahr wurde auch von Königsberg aus eine Commission nach Pillau und der Nehrung geschickt. Dieselbe erwähnt in ihrem Bericht wieder der Schanze auf dem Norder-Haken. Ueber das Tief selbst sagt sie nur, dafs beim Aufnehmen und Verlegen der Tonnen „Einer vom Rathe" zugezogen werden solle, der auch zu bestimmen hätte, was etwa nothwendig sei, und wo man Zäunungen ausführen müsse. Vorzugsweise war sie auf

Digitized by Google

die Beschaffenheit der Nehrung aufmerksam, woselbst neuen Durchbrüchen vorgebeugt werden müsse. Das Dorf Schütte, etwa zwei Meilen von der Spitze der Nehrung, das gegenwärtig spurlos verschwunden ist, fand sie grofsentheils im Sand vergraben. Von den 18 Unterthanen, die hier gewohnt hatten, „waren vierzehn samt dem Pfarrherrn gewichen". Hierauf werden die Durchbrüche auf der Nehrung gezählt, worunter augenscheinlich nur tiefere Einrisse in den Dünen zu verstehn sind, durch welche die See bei starken Stürmen in das Haff treten konnte. Die Reise wurde soweit fortgesetzt, bis Heiligenbeil gegenüber lag. Alsdann wird bemerkt, dafs vom Alten Tief bis Schwarzenbusch (etwa eine Viertelmeile von der Spitze der Nehrung) und von hier bis zum neuen Tief „es noch gut sei". Man kann diese letzte Aeufserung nur auf das Haff-Ufer und die anliegenden Wiesen beziehn, weil sie sonst mit jenen Durchbrüchen im Widerspruch stehn würde.

Aus den Jahren 1591 bis 1593 sind verschiedene Rechnungen des Pfundherrn vorhanden, die sich auf Zäunungen, auf eine Brunnenanlage, eine grofse schwarz und weifse Flagge und dergleichen, zum Theil aber auch auf die Beköstigung der Königsberger Commissare beziehn.

Am 10. April 1593 wurde wieder eine neue Untersuchung des Tiefs vorgenommen. Dasselbe (also das See-Gatt) war $7^1/_2$ Ellen tief, und hatte eine bessere Richtung, als im vorigen Jahr, nämlich nach Nordwest. Die beiderseitigen Tonnen lagen auf 7, die äufsern auf 9 Ellen Tiefe. Dem Blockhause gegenüber lag das Wrack eines Englischen Schiffs, dessen Beseitigung für dringend nöthig erachtet wurde. Das Fahrwasser nach dem Haff war $5^1/_4$ Ellen tief. Zur Verhinderung eines Durchbruchs im alten Tief sollten daselbst wieder Zäunungen ausgeführt werden, und es wurde empfohlen, den alten, bis an das Dach versandeten Krug von Schütte hierher zu versetzen, damit für einige Aufsicht daselbst gesorgt werden könne, weil die Fischer immer die Zäune ausrissen. Ferner wurde geklagt, dafs von Lochstädt aus in jedem Frühjahr eine Menge Jungvieh und Pferde nach der Nehrung herübergebracht würde, die Alles zertreten und abfressen, so dafs die Sandberge nicht bewachsen können. Dieses dürfe nicht geduldet werden. Endlich wird noch der Wunsch ausgesprochen, dafs ein

Digitized by Google

Fischer-Dörflein zwischen Pelley (Alt-Pillau) und dem Arm (dem Tief) angebaut werde.

Aus dieser Zeit scheint eine Charte zu sein, die sich in dem Königsberger Archiv befindet. Sie führt keine Jahrszahl, ist auch nicht besonders richtig, aber überaus sauber gezeichnet. Sie giebt ein deutliches Bild von der damaligen Beschaffenheit des Terrains neben und im Norden von Alt-Pillau. Wo man zwei Jahrhunderte später nur fliegenden Sand ohne alle Vegetation sah, war damals der Boden vollständig cultivirt. Ueberall sind Aecker und Gärten gezeichnet und gröfsere und kleinere Baumgruppen liegen dazwischen, während längs des Strandes sich Waldungen hinziehn. Aus dieser Charte erklärt es sich, dafs die Herzoge das Dorf Alt-Pillau zum Sommer-Aufenthalt wählten. Sie wohnten alsdann auf der Pfundbude, die 1630 ausgebessert wurde. Von dem Dorf, welches bereits eine gröfsere Ausdehnung hatte, wird der westliche Theil Klein-Piellaw und der östliche Grofs-Piellaw genannt. Zwischen beiden stand die mit einem Thurm versehene Kirche, neben derselben das Pilloten-Haus (Lootsen-Wache) und dahinter die Pfundbude. Eine Flagge weht zwischen beiden. Das Dorf Woegerahm steht noch auf seiner frühern Stelle. Auf dem niedrigen Lande, welches sich von hier bis zum Tief hinzieht, ist zunächst der Galgen, alsdann unmittelbar am Tief die Schanze mit einigen Gebäuden gezeichnet. Aufserdem stehn hier zwei Baaken. Auf der Spitze der Frischen Nehrung ist ein zweiter Galgen und hinter demselben ein Gebüsch angegeben. Neben diesem steht: „Schwarzer Busch, wird beheget.“ In dem eigentlichen Tief, ohnfern der Nehrung, liegt das Englische Wrack, das durch eine Tonne bezeichnet war. Das See-Gatt zieht sich ganz südlich neben der Nehrung hin, und die Tonnen zu beiden Seiten liegen auf 10 bis 13 Fufs Tiefe. Uferbefestigungen sind nirgends bemerkbar. Das Fahrwasser nach dem Haff, gleichfalls auf beiden Seiten mit Tonnen bezeichnet, durchschneidet den Kessel und führt unmittelbar an der Uferecke bei Camstigal vorbei.

Vom Jahr 1619 existirt eine gedruckte Verordnung, worin den Schiffern, und namentlich den Englischen, das Auswerfen des Ballastes im Tief, im Kessel „und sonst wo“, verboten und zugleich versprochen wird, es solle ein Lichterfahrzeug zum Abnehmen des Ballastes erbaut werden.

Digitized by Google

Von besonderer Wichtigkeit ist eine grofse Charte der Umgebungen von Pillau vom Jahr 1623. Dieselbe umfafst (in der Richtung des Strandes) eine Länge von 2600 Ruthen und eine Breite von 1800 Ruthen. Das See-Gatt, so wie auch die Fahrt nach dem Haff ist auf ihr durch die Tonnen und eingeschriebenen Tiefen angegeben. Die Zeichnung Fig. 142 ist die Copie desjenigen Theils dieser Charte, der die nächsten Umgebungen von Pillau und das See-Gatt enthält. Eine Aufschrift auf der Charte besagt: „Auf Churfürstlichen gnädigen Befehl ist die Süder-Nerung, die Norder-Lande, wie auch der Norder-Hacken und andere, so am Gatt und im Haff an der Nerungen liegen, so viel möglichen mit Fleifs gemessen von Conrad Borck, Churfürstlichen Land-Vermesser. Im November 1623". Auf dieser Charte ist auch ein Maafsstab und die Richtung des magnetischen Meridians gezeichnet. Der Maafsstab benennt nicht das Maafs, auf welches er sich bezieht, doch ergiebt sich aus der Vergleichung der sorgfältigen Aufnahme mit dem Local, dafs die Zahlen Ruthen bedeuten.

Am äufsern Rand der Original-Charte, etwa 800 Ruthen nordwestlich von Alt-Pillau, und zwar auf den Dünen neben der See, ist ein hoher Steinhaufen gezeichnet, der einen starken Stamm umgiebt, und auf diesem ruht ein Schwengel, an dessen einem Ende ein Korb hängt. Daneben steht „Wacht-Bude". Die ganze Vorrichtung hat unverkennbare Aehnlichkeit mit der alten Seeleuchte, die Bliese genannt, die bis 1830 noch auf der Spitze der Halbinsel Hela im Gebrauch war. Hier hing ein grofser eiserner Korb an dem Schwengel oder Hebel, und in der Nacht wurde derselbe, nachdem er mit Kohlen gefüllt, und diese angezündet waren, durch Herabziehn des andern Hebel-Arms gehoben. Bei frischem Wind konnte man das Feuer meilenweit sehn, und so ersetzte diese einfache Vorrichtung einen Leuchtthurm. Es ist indessen nicht anzunehmen, dafs der auf der alten Charte gezeichnete Apparat schon ein solches Feuer bezeichnet, denn einerseits sprechen die schriftlichen Nachrichten gar nicht davon, und demnächst wäre diese Stelle für solchen Zweck auch sehr unpassend, indem sie zu weit von dem Tief entfernt war, um die Lage desselben zu bezeichnen. Wahrscheinlich war es nur ein Alarm-Signal, das beim Landen einer feindlichen Flotte angezündet

Digitized by Google

werden sollte. Es bestand vielleicht nur während des Kriegs zwischen Schweden und Polen.

Zwischen diesem Signal und Alt-Pillau, nahe in der Mitte, liegt nach dieser Charte noch das Dorf Wogeram. Alt-Pillau zerfällt wieder in Klein- und Grofs-Pillaw. Man sieht daselbst die Kirche mit dem Thurm und daneben die Pfundbude als zweistöckiges Gebäude. Die Lootsen-Station mufs sich daneben befunden haben, weil die eine der beiden hinausgeführten Brücken als „Pilotten-Steg" bezeichnet wird. Auf dem Haken steht ein Gebäude, „Tunnen-Haus" genannt. In diesem wurden während des Winters die Tonnen aufbewahrt, welche die Fahrwasser bezeichneten. Die Schanze ist auf dieser Charte nicht angegeben, sie war wahrscheinlich damals sehr verfallen oder verweht.

Das Fahrwasser nach der See oder das See-Gatt ist überaus ungünstig gerichtet. Es wendet sich zuerst nach Westen und alsdann ganz südlich, so dafs es sehr nahe neben der Nehrung das tiefe Wasser erreicht. Die Tiefe mifst an der flachsten Stelle nur $8\frac{1}{2}$ Fufs. Das Fahrwasser nach dem Haff, welches im Abstande von nur 120 Ruthen von dem Fufs des Schwalkenbergs vorbeiführt, war überall 11 Fufs tief, doch ist darin weiter ostwärts ein grofser Stein angegeben.

Auf dem Archiv in Königsberg befindet sich noch eine andre Charte mit derselben Jahreszahl bezeichnet, die indessen weniger ausgedehnt ist und weniger genau zu sein scheint. Sie ist vielleicht etwas älter, als jene. In dieser ist noch ein gerades Fahrwasser nach der See über die Gründe fort gezeichnet, das auch mit Tonnen versehn ist, aber an seinem äufsern Ende nur 7 Fufs tief ist. Es wird das „vorige Tief" genannt, während das „jetzige Tief" vor der flachen Stelle sich südlich wendet und mit dem auf der andern Charte dargestellten nahe übereinstimmt, nur wird die geringste Tiefe in dem neuen Fahrwasser zu 8 Fufs angegeben.

In beiden Charten ist in der Richtung der Baaken-Linie, und zwar auf der Seeseite, eine vortretende Sandbank oder ein Haken angegeben, den auch Fig. 142 zeigt, und auf einer dieser beiden Charten ist mit andrer Schrift der Buchstabe *A* an dieser Stelle zugesetzt. Dieses wird hier erwähnt, weil in der Verhandlung vom demselben Jahr der Vorschlag gemacht wurde, an der mit *A* bezeichneten Stelle einen Damm in die See hinauszuführen.

Digitized by Google

Das Fahrwasser befand sich damals, wie diese Charten ergeben, in einem sehr schlechten Zustand, und es konnten nicht nur die gröfsern Schiffe gar nicht einkommen, sondern auch für kleinere war wegen der vielen Krümmungen das Einsegeln beinahe unmöglich. Um diesen Uebelständen abzuhelfen, wurden am 20. October 1623 unter dem Vorsitz des Grafen Abraham von Dohna verschiedene Sachverständige darüber vernommen, in welcher Weise das Tief (Gatt) verbessert werden könne.

Der Pfundschreiber, der zuerst gefragt wurde, sagte, dafs im vorigen Jahr die Tiefe $10^1/_2$ Fufs betragen habe, beim Eisgange habe sie sich um 1 Fufs vermindert, und die fernere Verflachung sei durch Winde veranlafst, die theils die Ufer angegriffen und theils den losen Sand hineingeweht hätten. Er sprach sich dahin aus, man müsse vom Norder-Lande aus „ein Haupt" erbauen, um den Strom zusammenzuhalten. Auch meinte er, dafs man im Sommer das Tief durch Baggern vertiefen könne.

Der Baumeister Hans Friedrich schlofs sich dieser Ansicht an und gab die Erklärung, dafs statt des Hauptes ein Bollwerk zu wählen, und dieses gleich im ersten Frühjahr auszuführen sei.

Ein Dritter, Namens Rems, wie es scheint ein Schiffer, meinte, Alles sei Gottes Werk und nicht der Menschen. Er kenne schon seit 55 Jahren das Tief. Es hätte bald hier, bald dort gelegen, wäre bald tief, bald flach gewesen, aber so oft ein Loch sich verstopft, habe sich bald ein andres wieder geöffnet. Wolle man indessen etwas thun, so müsse man vor Allem den Strom einengen. Ferner müsse man dafür sorgen, dafs kein Sand in den Strom weht. Er schlage daher vor, Dielen-Zäune von 3 Ellen Höhe zu erbauen, die, so oft sie versandet wären, immer aufs Neue gehoben werden müfsten. Besonders sei es aber nöthig, das Vieh auf den Dünen nicht zu dulden.

Ein gewisser Krietz ist auch der Meinung, dafs die Verflachung des Tiefs vorzugsweise von dem hineinwehenden Sand herrührt. Er sagt, die Zäunungen kosten jährlich wohl 5000 Thaler, sobald aber dadurch etwas gewonnen ist, so wird es vom Vieh sogleich zertreten, auch die Fischer fahren, wo sie wollen, und indem sie mit ihren Wagen den tiefsten Sand vermeiden, so zerstören sie jeden Graswuchs, der sich irgend wo zeigt. Das Tief verschlechtere sich immer bei Nordwinden, daher sei der

Digitized by Google

lose Sand auf der Nordseite vorzugsweise die Ursache der Verflachung. Er schlage Flechtzäune vor, aber das beliebige Fahren und Viehweiden müsse sowohl auf der Nordseite wie auf der Nehrung nicht geduldet werden. Der Weichsel-Strom fliefse längs der Nehrung bis zum Tief, wie man daraus sehn könne, dafs der Fisch und Stör ihm entgegenschwimmen, auch die Weichsel breche das Land ab, eben so wie der Pregel bei Camstigal, und beide führen den Sand herbei, doch lagere sich derselbe in dem Kessel ab, und so lange dieser noch nicht verfüllt sei, könne das Tief durch die Strömungen nicht leiden. Die vorgeschlagene Anlage eines Hauptes halte er für wenig kostbar und sehr nützlich.

Ein Fünfter, Namens Perbandt, meint, die Ströme veranlafsten wenig Versandung, denn wenn der Schwalkenberg auch angegriffen wird, so besteht derselbe doch nur aus lehmigem Boden, der vom Wasser fortgeschwemmt wird, und keine Untiefen bildet. Der schädliche Sand komme von der Norder-Nehrung, wo er ein Spiel des Windes sei. Wie stark er alsdann treibt, könne man daraus abnehmen, dafs einst alle im Tief liegenden Schiffe so stark mit Sand beworfen wurden, dafs derselbe abgeschaufelt werden mufste.

Zuletzt sprach Hiob Lepner noch den Zweifel aus, ob durch Zäunungen etwas gewonnen werden könne. Hierauf wurde aber entgegnet, dafs wenn man den Sand so festlegt, dafs er nicht in das Tief gelangen kann, so würde der Strom doch unfehlbar dasselbe aufräumen und vertiefen.

Der Graf von Dohna erklärte darauf, dafs nach seiner Meinung die Nehrungen (die Sandfläche nordwärts vom Tief wird also auch Nehrung genannt) jedenfalls festgelegt werden müfsten, und zwar schienen ihm die Dielenzäune hierzu sehr geeignet. Was die Strömungen betreffe, so meinte er, sie vereinigten sich zwar im Munde (im Tief) und unterhielten daselbst gehörige Wassertiefe, weiterhin aber trennten sie sich wieder und schwächten sich dadurch so sehr, dafs sie nicht mehr den Sand forttreiben könnten. Er sei daher der Ansicht, dafs die Vereinigung schon vor „dem orificio“ erfolgen müsse, und zwar so vollständig, dafs eine spätere Trennung unmöglich wäre. Der Pregelstrom sei deshalb von dem Schwalkenberge abzuweisen. Zur Abschliefsung dürfen aber nicht Bohlwerke ausgeführt werden, sondern man müsse alte Schiffe ver-

Digitized by Google

senken, die mit Steinen beschwert 3 bis 4 Fufs unter Wasser liegen. Diese würden den Sand auffangen.

Die Commission einigte sich in diesem Vorschlage und erklärte sich dahin, dafs auf dem Haken an der Stelle, die in der Charte mit *A* bezeichnet wurde, drei oder vier Schiffe versenkt werden sollten, indem es der spätern Beurtheilung überlassen bliebe, ob dazwischen noch Pfähle einzurammen seien.

Am 25. October 1623 wurde von dem Landhofmeister, dem Burggraf, dem Kanzler und dem Marschall über diese Berathung dem Churfürst zu Brandenburg Bericht erstattet. Das Tief sei so versandet, dafs die Tiefe nur 7 Fufs betragen habe. Es sei daher unter der Leitung des Grafen Abraham zu Dohna, „der im Land- und Wasserbau gute Erfahrenheit habe", eine Commission, bestehend aus dem Pfundherrn und erfahrenen Seeleuten, zusammengetreten. Die Unterzeichneten hätten sich der Commission auch angeschlossen und Alles in Augenschein genommen. Der Beschlufs gehe dahin, dafs an der Norderseite Dielenzäune, zwei oder drei Ellen hoch, erbaut würden, die, wenn sie versandet, immer wieder gehoben werden könnten. Sodann seien zwei oder drei alte Schiffe oder Schmacken, die jedoch mit Kielen versehn wären, auf dem Norder-Haken zu versenken. Auch müfsten beide Ströme, nämlich Weichsel und Pregel, schon am Schwalkenberge mit einander vereinigt werden.

Zur Erklärung der beiden letzten Vorschläge mufs hinzugefügt werden, dafs die Versenkung der Schiffe auf dem Norder-Haken nichts andres, als einen Molenbau an der Nordseite des Tiefs bedeutet. Die oben erwähnte Charte, die ohne Zweifel bei der Verhandlung vorlag, zeigt dieses deutlich, indem der Buchstabe *A* in andrer Schrift darauf gesetzt ist. Ganz unabhängig hiervon ist die beabsichtigte Vereinigung der beiden Ströme. Unter der Weichsel ist augenscheinlich nur derjenige Arm derselben, der in das Haff mündet, nebst der Nogat gemeint. Der Graf Dohna wollte die Strömung, welche diese veranlafst, mit der des Pregels dadurch verbinden, dafs er das alte Fahrwasser nach Königsberg, das sich neben dem Schwalkenberge hinzog, sperrte. Der Vorschlag fand indessen, wie es scheint, wenig Beifall, und wahrscheinlich theilten die Sachverständigen nicht die wunderbare Ansicht von den zwei Strömungen, die in dem eigentlichen Tief

Digitized by Google

sich vereinigen, und sogar durchkreuzen, darauf aber wieder sich trennen.

Am 28. März 1624 trat nochmals eine Commission, jedoch nur aus Beamten, zusammen. Der Graf Abraham von Dohna machte die Mittheilung, er habe auf seinem Hof zu Schlobitten mit dem Baumeister aus Danzig allerlei Discurse über das Tief gehabt. Derselbe sei ganz gegen die Dielenzäune, so wie auch gegen die Versenkung von Schiffen und das Einrammen von Pfählen gewesen, und habe gemeint, es müsse mit Saltitzen *) (Senkfaschinen) gebaut werden. „Zu den Saltitzen nehme man „Fichtenstrauch oder Aeste von grofsen Fichten, etwa 10 Schuh „lang. Sie werden mit Feldsteinen, die man mit einer Hand heben „könne, gefüllet und mit Weiden umbunden. Bei einer Saltitze „müfsten vier Mann arbeiten und sie also fertigen, dafs sie von „den vier Mann auch gehandhabt werden können. Dieselben „werden darnach frei auf den Grund, oder auch im Wasser auf „einander geleget, und giebt eine der andern nach. Wo eine „Grube oder Tiefe ist, senken sie sich hinein, und wo wieder ein „Hügel, bleiben sie auch liegen. Sie müssen aber nicht parallel, „sondern oblique gelegt werden. Und wäre mit solchen Saltitzen „die Fahrt vor Ostende in den Niederlanden, als die Spanier „Ostende erobert, gehemmet worden, dafs man mit trockenen „Füfsen übergehn können. Es sollen 300 000 solche Saltitzen „dabei gebraucht sein, deren jede einen Königsthaler gegolten. „Am Weifsenberge (wohl an der Weichsel in der Gegend von „Neufähr) sei auch ein solches Werk gebaut, das beständig wäre."

Dem Pfundherrn wurde darauf der Auftrag ertheilt, Steine und Strauch anzuschaffen und einen Versuch zu machen. Der Erfolg fiel wahrscheinlich zufriedenstellend aus, weil im folgenden Jahr ein Verding über die Lieferung von Saltitzen abgeschlossen wurde. Ueber den weitern Verlauf dieses Baues fehlen indessen die Nachrichten, da die Landung der Schweden besorgt und schon am 9. Juli 1624 der Befehl erlassen wurde, am Tief „eine Schanze von Eichenholz und mit Pfählen versehn" zu erbauen.

---

*) Ohne Zweifel ist diese Benennung aus dem Italienischen übernommen. Salsiccia bedeutet eine Wurst, und wegen der Aehnlichkeit der Form wird auch die Faschine dadurch bezeichnet.

Digitized by Google

Die vorstehenden ausführlichen Mittheilungen rechtfertigen sich gewifs, indem sie nicht nur zeigen, mit welchem Ernst man in damaliger Zeit die Sicherstellung und Verbesserung des Tiefs behandelte, sondern diese Thatsachen auch für die Geschichte des Wasserbaus von Interesse sein dürften.

Während der nächsten fünf und zwanzig Jahre ist von der Beschaffenheit des Tiefs oder See-Gatts gar nicht die Rede, obwohl die Schwedischen Kriegsschiffe vielfach ein- und ausliefen. Man darf wohl annehmen, dafs eine wesentliche Verbesserung bald eintrat, obwohl eine solche durch keine künstliche Anlage veranlafst wurde. Suchodolitz, dessen Mittheilungen volles Vertrauen verdienen, sagt in einem Bericht von 1751, in den Jahren 1620 bis 1623 sei das See-Gatt über alle Maafsen krumm und seicht gewesen, 1624 sei aber das Eis mit Macht in die See getrieben, und habe ein gerades Tief von 18 Fufs Tiefe gebildet.

Am 5. Juli 1626 zeigten sich Schwedische Schiffe vor Pillau, und bald vereinigte sich hier eine ansehnliche Flotte, auf der sich auch Gustav Adolf befand. Er sandte einen Officier nach Königsberg, um anzufragen, ob er als Freund oder Feind aufgenommen werden würde, er führe nur gegen Polen Krieg. Preufsen war damals Lehn von Polen, und der Churfürst hielt sich in der Mark auf. Die Landung der Schweden in Pillau hatte man besorgt, und deshalb war jene Schanze nothdürftig armirt und mit hundert Mann besetzt, auch hatte man in Danzig vier Schiffe gemiethet und mit einigen Kanonen versehn, um die Schwedischen Schiffe zu vertreiben. Zum Kampf kam es indessen nicht. Der König landete mit seinen Truppen in der Nähe von Wogram, wo die Abgeordneten von Königsberg ihn am 8. Juli trafen. Er erklärte, dafs er „diesen schlechten Sandplatz“ nur eine Zeitlang zum Rückhalt brauchen wolle. Die Schanze, die darauf stehe, sei nicht viel werth, er werde sie aber erweitern und besser verlassen, als er sie gefunden. Er verlange weder Beistand, noch wolle er dem Churfürst seine Einkünfte entziehn. Die drei armirten Schiffe (eins war nämlich gestrandet) möge man fortschaffen, die Soldaten in der Schanze wolle er abziehn lassen.

Zu einer Gegenerklärung waren die Abgeordneten nicht ermächtigt. Gustav Adolf nahm daher Besitz von der Schanze, und wenn er auch wenig Tage darauf nach Ermland hinüber

Digitized by Google

segelte, und Braunsberg, Frauenburg, Elbing und Marienburg schnell eroberte, so liefs er gleichzeitig die Schanze ausbauen und armiren, auch ein Blockhaus darin errichten. Erst zehn Jahre später wurde die Festung wieder an Preufsen abgetreten. Inzwischen hatten auf dem Haken mehrere Fischer sich angebaut, und dadurch den Anfang zur Gründung der spätern Stadt gemacht.

Nachdem die Schweden am 15. Januar 1636 die Festung verlassen hatten, wurde dieselbe nicht nur erhalten, sondern auch ausgebaut und verstärkt. Dieser Bau nahm eine lange Reihe von Jahren in Anspruch, und da er auf der schmalen und niedrigen Landzunge zwischen der See und dem Kolk, oder der Bucht vor Alt-Pillau lag, so trat die See wiederholentlich in die Festungs-Gräben, zerstörte die Erdschüttungen und das Mauerwerk, und das eingedrungene Wasser strömte nach dem Kolk, also in das Haff. Um diesen Beschädigungen für die Zukunft zu begegnen, wurde 1673 das alte Ordensschlofs Balga abgebrochen und die Granitquadern desselben zum Festungsbau verwandt.

1636 wurde auch die von den Schweden in der Festung erbaute Kirche wieder hergestellt und eine Licent-Kammer auf dem Haken eingerichtet, woselbst nunmehr die Schiffsabgaben erhoben wurden, was früher auf der weit entfernten Pfundbude geschehn war.

Am 8. Mai 1650 forderte der Churfürst den Kanzler auf, gemeinschaftlich mit dem Gouverneur der Festung und mit erfahrnen Seeleuten das Tief zu untersuchen, weil über die falsche Lage der Tonnen Klage geführt worden. Hierauf wurde unter dem 20. Mai desselben Jahrs berichtet, dafs die Tonnen gehörig lägen, aber in den letzten Tagen umgelegt seien. Das Tief gehe gerade Nordwest aus, und wäre bequem zu befahren, aber zwischen den letzten Tonnen sei es nur 9 Schuh tief. Dabei wird bemerkt, dafs die Lootsen zu vereidigen, und den Schiffern zu verbieten sei, im Tief Ballast auszuwerfen.

1654 berichtete der Pfundschreiber, das Tief habe sich sehr verbessert und sei beinahe 11 Fufs tief. Ein Holländer sei mit $10^1/_2$ Fufs Tiefgang durchgefahren und habe im Tief nicht einmal gestofsen. Auf der weitern Fahrt nach Königsberg sei er zwar am Schwalkenberge, wo es etwas flacher sei, sitzen ge-

Digitized by Google

blieben, aber er habe doch, ohne zu lichten, sich hinüberwinden können.

Vom Jahr 1656 existirt eine Charte, auf der die Festung schon den Namen Castellum Pillau führt. Im Osten derselben ist noch eine zweite kleine Schanze gezeichnet. Sonstige Gebäude sind darauf nicht angegeben. Das See-Gatt ist beinahe westlich gekehrt, die Tiefe desselben aber nicht eingeschrieben.

Die Kirche in Alt-Pillau brannte 1657 ab. An derselben Stelle wurde eine neue aufgeführt, die 1674 eingeweiht wurde und noch besteht. Auf der Brustlehne der Empore von dieser befindet sich die oben erwähnte Inschrift. Die St. Adalberts-Kirche, ohnfern Lochstädt, stürzte 1669 während eines heftigen Sturms ein.

1657 wurde die Lootsen-Station, die bisher in Alt-Pillau gewesen war, auf den Haken verlegt, und zu diesem Zweck ein Wachthaus mit einem Thurm erbaut, damit von dem letztern aus die Schiffe schon in weiter Entfernung gesehn werden könnten. Die Lootsen versahn in damaliger Zeit auch den Dienst der Fährleute, und mufsten die Reisenden nach und von der Nehrung übersetzen.

In dieses Jahr fällt eine Begebenheit, deren verderbliche Folgen bis in die neuste Zeit fühlbar geblieben sind. Der damalige Gouverneur der Festung, Pierre de la Cave, fürchtete nämlich einen Ueberfall, indem die Schweden irgendwo landen und ungesehn der Festung sich nähern möchten. Er liefs daher auf der Nordseite 1 Meile weit, und auf der Nehrung etwa 2 Meilen weit alle Bäume und alles Gebüsch niederschlagen. Seit dieser Zeit nahmen die Versandungen unaufhaltsam überhand. Die Aecker und Wiesen, die früher neben Alt-Pillau lagen und sich bis zu dem noch bestehnden Laubwalde vor Lochstädt hinzogen, verschwanden nach und nach und verwandelten sich in eine Sandwüste, die aufser dem Dünengrase wenig Vegetation zeigte. Früher stand die Kirche von Alt-Pillau beinahe in der Mitte des grofsen Dorfs, aber seit dieser Zeit versandeten die Gehöfte auf der Westseite, und sogar mehrere auf der Ostseite. Auch das Dorf Wogram mufste von seiner früheren Stelle auf die östliche Seite von Alt-Pillau versetzt werden.

Vom Jahr 1663 befindet sich auf dem Königsberger Archiv

Digitized by Google

eine Charte des Frischen Haffs vom Geometer-Ingenieur und Geograph Naronski aufgenommen. Dieselbe ist zwar nur in kleinem Maafsstabe gezeichnet (1 : 100000), aber dennoch für die Beurtheilung der damaligen Verhältnisse sehr wichtig. Die St. Adalberts-Kirche ist darauf noch gezeichnet, wie auch daneben zwei Baaken, welche wohl nur das frühere Lochstädter Tief andeuten sollen. Solche sind auch bei Alt-Tief angegeben. Das Dorf Wogram steht noch an seiner ursprünglichen Stelle, und daneben bemerkt man eine Baumgruppe. Die Waldungen längs des Strands sind verschwunden. Auf dem Haken befindet sich aufser der Festung die Windmühle, ein Thurm, also der Lootsenthurm, und mehrere Gebäude. Das See-Gatt ist nach Westen gerichtet. Auf der Nordseite des Hakens ist ein Sumpf angegeben, der mit dem Kolk in Verbindung steht. Ein sicherer Liegeplatz für die Schiffe existirte noch nicht.

Hartknoch giebt in seiner Preufsischen Chronik, die 1684 erschien, eine perspectivische Ansicht von Pillau und Alt-Pillau, die jedoch überaus unrichtig gezeichnet ist. Neben der Kirche von Alt-Pillau steht die Pfundbude mit einem hohen Thurm. Die Dünen sind ganz kahl. Eine grofse Anzahl, zum Theil zweistöckiger Gebäude auf dem Haken in zwei sich kreuzenden Strafsen bezeichnen die spätere Stadt, die auch schon Pillau genannt wird. Der Thurm dazwischen stellt den neuen Lootsenthurm dar. Die Windmühle und die Festung liegen im Vordergrunde. Vor Alt-Pillau haben mehrere kleine Fahrzeuge angelegt, und sowohl auf der Ostseite des Hakens, wie auch im Kolk sieht man grofse Schiffe. Von dem spätern Hafen oder dem Graben ist noch nichts zu bemerken.

In dieser Zeit wurde wiederholentlich ein neuer Durchbruch der See nach dem Haff befürchtet, und zur Verhütung eines solchen Zäunungen ausgeführt. Dieses geschah 1670 neben der Festung, 1681 an der Stelle, wo früher das Balgasche Tief gewesen war, 1688 an einem nicht näher bezeichneten Punkt auf der Frischen Nehrung, und 1701 meldete der Commandant zu Pillau, dafs die See wieder drohe, an vielen Orten nach dem Haff durchzubrechen.

Das frühere Fahrwasser nach Königsberg, welches sich dicht unter dem Schwalkenberge hinzog und die alte Fahrt genannt

Digitized by Google

wurde, verlor nach und nach seine Tiefe, so dafs die Schiffe, ehe sie es durchsegeln konnten, stark lichten mufsten. In der alten Fahrt wurde 1682 eine Rinne, 108 Ruthen lang, 6 Ruthen breit und 11 Fufs tief ausgebaggert. 1683 wurde dieselbe noch 94 Ruthen fortgesetzt. Auch 1684 begann man wieder die Arbeit, beschränkte jedoch die Breite auf 4 Ruthen und die Tiefe auf $9^1/_2$ Fufs, weil auf dem steinigen Grunde die Maschine sehr litt und wegen vielfacher Reparaturen häufige Unterbrechungen eintraten. Im letzten Jahr wurde die Baggerung nur 34 Ruthen weit fortgesetzt und alsdann hörte sie ganz auf. Von welcher Art der Bagger gewesen, wird nicht mitgetheilt, es war indessen ohne Zweifel ein Pferdebagger, wie ein solcher zwanzig Jahre später zur Anwendung kam, und wie er auch bis zum Jahr 1830 sowohl auf dem Haff, wie im Pillauer Hafen ausschliefslich im Gebrauch war.

Es dürfte nicht überflüssig sein, noch eine Uebersicht der localen Verhältnisse zu geben, wie diese gegen das Ende des siebzehnten Jahrhunderts sich gestalteten. Eine besondere Charte aus dieser Zeit läfst sich nicht mittheilen, da solche entweder in sehr kleinem Maafsstab, oder ganz fehlerhaft gezeichnet sind, und überdies sehr wenig enthalten.

Man darf wohl annehmen, dafs die niedrige Fläche oder der Haken, worauf gegenwärtig die Stadt liegt, schon damals ungefähr dieselbe Ausdehnung hatte, wie jetzt. Die Festung mit Einschlufs der Kirche war darauf erbaut, wie auch die Windmühle, der Lootsenthurm und einige Häuser und Fischerhütten. Der Graben, oder der erste Hafen existirte noch nicht. Wo derselbe später ausgehoben wurde, war ein Sumpf, der sich bis Alt-Pillau hinzog, und westlich von den Dünen begrenzt wurde. Derselbe lag so tief, dafs an vielen Stellen Wasserflächen bestanden, der Boden also noch unter dem Spiegel der See lag. Ob am Haff oder am Tief schon Ufereinfassungen ausgeführt waren, ist zweifelhaft. Auf dem Haken selbst waren sie zwar in sofern entbehrlich, als das Land ziemlich werthlos war, doch vielleicht hatte man bereits, um das Anlegen kleiner Fahrzeuge zu erleichtern, einzelne Stellen gedeckt. Weiter westlich, nämlich vor der Festung, die nach Ausweis der Charten aus jener Zeit unmittelbar bis an das Tief sich ausdehnte, mufste das Ufer wohl

Digitized by Google

schon gesichert sein. An häufigen Durchbrüchen der See in die Festungsgräben fehlte es freilich nicht, und das Wasser ergofs sich alsdann über jenes niedrige Terrain in den Kolk, wobei die Festungswerke stark beschädigt wurden.

Der Russische Damm fehlte vollständig. Die Schiffe, welche sich bei Pillau aufhalten mufsten, fanden gegen südliche und östliche Winde und gegen den Eisgang beim Aufgehn des Haffs keinen weitern Schutz, als denjenigen, welchen die einzelnen hier liegenden Inseln, die Maulschellen genannt, ihnen boten. Eine derselben, die von Norden nach Süden in gröfserer Länge sich hinzog, und wenig über Wasser lag, befand sich nahe an derselben Stelle, wo später der Russische Damm gebildet wurde.

Zum langen Aufenthalt der Schiffe bei Pillau gab es übrigens wenig Veranlassung. Das Fahrwasser nach Königsberg war meist eben so tief wie das See-Gatt, wenn also letzteres nicht etwa zufällig eine besonders grofse Tiefe hatte, so konnten die Schiffe ohne zu lichten nach Königsberg aufgehn, und sie gingen bei Pillau wohl nur vor Anker, um die Abgaben zu bezahlen. Auf den ältern Charten sieht man Stege, und zuweilen sogar einen sehr langen Steg, der vom Ufer bei Alt-Pillau bis weit in den Kolk hineingeführt ist. Man darf annehmen, dafs die Schiffe, so lange sie noch die alte Fahrt benutzten, sogleich aus dem Tief nach Alt-Pillau segelten, und behufs der Revisionen an diese Stege anlegten. Bei günstigem Winde fand also am Haken kein Aufenthalt statt.

Nach der Charte von 1623 war das Tief damals 115 Ruthen breit, und die Nehrung lief in eine scharfe Spitze aus, deren Ufer ungedeckt waren. Vielleicht dehnte sich diese Spitze in spätrer Zeit noch weiter aus, indem die Pillauer Chronik von 1749 besagt, dafs alte Leute sich erinnerten, wie sie in ihrer Jugend bei ruhiger Witterung mit den auf der Spitze der Nehrung stehenden Personen gesprochen hätten, was jetzt nicht mehr möglich sei. Eine Messung vom Jahr 1740 ergab die Breite des Tiefs gleich 150 Ruthen.

Digitized by Google

§ 51.

Erste Hafenbauten.

Die Schiffe fanden damals bei Pillau wenig Schutz gegen den Wellenschlag des Haffs und gegen den Eisgang. Die Gefahr hatte in der letzten Zeit sich noch wesentlich vergröfsert, indem die sogenannte Maulschelle sich immer mehr vertiefte. Auf der von Naronski 1663 aufgenommenen Charte ist diese Fläche noch als Insel dargestellt, sie erstreckte sich auf der östlichen Seite des jetzigen Russischen Damms etwa 200 Ruthen lang von Norden nach Süden. Am Ende des siebzehnten Jahrhunderts lag sie dagegen schon 2 bis 3 Fufs unter Wasser. Das Bedürfnifs, einen sichern Liegeplatz für die Schiffe darzustellen, wurde also sehr dringend, und besonders trat dasselbe in jedem Winter ein, wenn Schiffe noch einkamen, während das Haff schon zugefroren war.

Im Jahr 1683 wurde zu diesem Zweck der sogenannte Graben auf der Nordseite der spätern Stadt ausgehoben, und dadurch der Anfang zur Bildung des jetzigen Hafens gemacht. Welche Dimensionen der Graben ursprünglich hatte, ist freilich unbekannt, es scheint jedoch, dafs er etwa 140 Fufs breit, und eben so lang wie gegenwärtig war. Mit Bohlwerken wurde er zunächst nicht eingefafst. Seine Ausgrabung und wahrscheinlich auch Ausbaggerung kostete 6000 Thlr.

1701 entwarf der Stückhauptmann Brinck einen Plan zur Verbesserung des Hafens. In dem Graben könnten, wie er sagte, nur etwa 60 Schiffe liegen, wenn man ihn aber um 5 Ruthen erweiterte, so würden 150 darin Platz finden. Die Kosten dafür sollten 3000 Thlr. betragen. Aufserdem sei eine angemessene Vertiefung und eine Umschliefsung mit festen Bohlwerken nothwendig. Zur Prüfung dieses Projects trat am 7. Januar 1702 eine Commission, aus Schiffern und Lootsen bestehend, zusammen. Dieselbe erklärte sich mit der Erweiterung des Grabens unbedingt einverstanden. Als jedoch Brinck gleichzeitig den Vorschlag machte, man möge auch auf der im Osten von Pillau belegenen Fläche ein Bohlwerk oder wenigstens Eisbrecher erbauen, damit die aufserhalb des Grabens liegenden Schiffe einigen Schutz hätten, so wurde dieses nicht für passend erachtet. Man hielt nämlich

Digitized by Google

eine solche Anlage für sehr gefährlich, weil beim Einrammen von Pfählen der Sand, aus dem jene Untiefe bestand, aufgelockert und in das Tief getrieben werden würde. Diese thörichte Besorgniſs verhinderte also damals die dringend nöthige Vervollständigung des Hafens, die erst ein halbes Jahrhundert später erfolgte. Die Verbreitung des Grabens kam in dieser Zeit zur Ausführung, und zwar geschah sie auf der nördlichen Seite, doch wurde sie nicht bis ans Ende fortgesetzt, vielmehr ist der Theil, der zunächst der Festung liegt, um 5 Ruthen schmaler geblieben.

Schon der groſse Kurfürst von Brandenburg war auf Pillau aufmerksam geworden, und beabsichtigte, hier eine Kriegsflotte zu erbauen. Zu diesem Zweck veranlaſste er 1673 den Bau einer Ankerschmiede und lieſs zugleich Schiffszimmerleute, Segelmacher und Schmiede aus Holland kommen, diese Handwerker gefielen sich indessen nicht in Pillau, und zerstreuten sich bald. Eine nähere Untersuchung mochte auch wohl ergeben haben, daſs der Hafen in diesem Zustande, und namentlich bei der Veränderlichkeit des See-Gatts zu einem Kriegshafen nicht geeignet sei. 1702 wurde Pillau Marktflecken, und nachdem Friedrich Wilhelm I. im Jahr 1718 daselbst gewesen war und eine groſse Anzahl Schiffe hier gesehn hatte, wurde dem Ort die Stadtgerechtigkeit verliehn.

Als Friedrich I. bald nach seiner Thronbesteigung sich in den Niederlanden aufhielt, erzählte ihm ein Advocat in Amsterdam, Namens J. Faes, er habe eine neue besonders wirksame Baggermaschine erfunden, worauf der König im Juli 1702 befahl, die Regierung zu Königsberg solle den Commissar, welchen Faes nach der Verabredung zur vorläufigen Untersuchung des Haffs abschicken werde, in jeder Art unterstützen, zugleich aber auch ihn zu billigen Bedingungen für die Vertiefung des Haffs vermögen. In der Cabinets-Ordre wird zugleich erwähnt, daſs der p. Faes den Süder-See so vertieft habe, daſs nunmehr die gröſsten Schiffe darauf fahren könnten. Derselbe habe in Gemeinschaft mit einem gewissen Jeronymus Mietz mit den Staaten von Holland einen Vertrag abgeschlossen, wonach er in 24 Jahren alle Untiefen fortschaffen, auch zugleich eine Maschine bauen werde, die „bis zu aufserordentlicher Höhe“ Wasser heben solle.

Am 20. Sept. desselben Jahrs kam J. Mietz in Königsberg

Digitized by Google

an. Die Regierung versah ihn mit den nöthigen Mitteln, um die Untersuchung des Haffs vorzunehmen. Dieses geschah in sehr kurzer Zeit und er legte bald eine Charte vor, die noch vorhanden ist, nebst Angabe der im Haff auszuführenden Baggerungen. Er verlangte für seine Maschine ein Privilegium auf 36 Jahre in der ganzen Ausdehnung des Preufsischen Staates, ferner 55000 Holl. Gulden für die Maschine nebst Schiff, die er in Holland bauen wollte, und die auf Kosten und Gefahr der Regierung nach Königsberg gebracht werden sollte, und endlich einen noch näher festzustellenden Preis für jede Last Sand, die er baggern werde. Als er darauf aufmerksam gemacht wurde, dafs er die vorhandenen Tiefen zu grofs, und sonach die ganze Bagger-Arbeit viel zu geringe angegeben habe, behauptete er, seine Maschine besitze die Eigenthümlichkeit, dafs wenn sie 1 Schachtruthe hebe, alsdann zugleich 3 andre Schachtruthen vom Strom beseitigt würden, überdies sei es nicht nöthig, die volle Tiefe, bis zu der die Schiffe eintauchen, in dem Fahrwasser darzustellen, da Schiffe beim Segeln in weichem Grunde leicht eine 3 Fufs tiefe Rinne einschneiden.

Am 6. November 1702 berichtete die Regierung, sie müsse dem Könige die Entscheidung anheimstellen, habe auch dem p. Mietz die Kosten zur Reise nach Berlin gezahlt, sie halte jedoch seine Angaben für sehr zweifelhaft. Die vorgelegte Charte sei ganz falsch, und es scheine, dafs derselben nicht nur keine Messungen zum Grunde lägen, sondern dafs der Mietz sogar Vieles gezeichnet, was er gar nicht gesehn habe.

Im Anfange des folgenden Jahrs fragte der König, ob der Mietz noch in Königsberg sei. Hierauf wurden Erkundigungen über ihn eingezogen, und es ergab sich, dafs er nach Danzig gereist sei, dort ähnliche Anerbietungen gemacht habe, als man aber auch dort darauf nicht eingegangen, sei er wahrscheinlich nach Holland zurückgekehrt.

Obwohl diese Verhandlungen hiermit geschlossen waren, so liefsen die wiederholten Beschwerden der Schiffer die Verbesserung der Fahrwasser im Haff doch nicht vergessen. Im Jahre 1707 vernahm ein Graf von Dohna mehrere Schiffer und Lootsen hierüber. Es wurde ausgesagt, dafs sogar kein leeres Schiff sich nach Königsberg aufbringen lasse. Die alte Fahrt, neben dem

Digitized by Google

Schwalkenberge habe ganz aufgehört, und auf dem Heerde betrage die Tiefe nur noch 6 Fufs. Vor 26 Jahren habe man die alte Fahrt theilweise vertieft, und der Erfolg habe gezeigt, dafs die Fahrwasser im Haff durch Baggern vertieft werden können. Seit jener Zeit sei dieses aber nicht mehr geschehn, und dennoch müfsten die Schiffe fortwährend eine besondere Abgabe für das Baggern entrichten. Man möge wieder einen Bagger anschaffen, ein solcher koste etwa 4000 Thlr., und zu seinem Betriebe gehörten 4 Pferde und etwa 15 Mann, die zugleich das gehobene Material beseitigten. Bei ruhiger Witterung stehe auch nichts im Wege, den Bagger im See-Gatt arbeiten zu lassen, das oft nur durch einen schmalen Sandrücken gesperrt werde.

Das See-Gatt mufs damals besonders flach gewesen sein, denn im Juni 1708 sagten die Lootsen, es sei jetzt $9^3/_4$ Fufs tief, und habe seit dem Frühjahr um 2 Fufs an Tiefe gewonnen. In derselben Zeit berichtete der Graf von Dohna, zwei Holländische Schiffer hätten ihm gesagt, der Pillauer Hafen sei ganz in Mifscredit gekommen und es halte sehr schwer, Bootsleute zu finden, die eine Fahrt dahin oder nach Königsberg mitmachen wollten. Die Ausführung von Baggerarbeiten sei dringend nothwendig.

Der damalige Bau-Director von Unfried machte den Vorschlag, man möge den Sand in den schmalen Rücken, die sich im See-Gatt bilden, auflockern, und dieses gab Veranlassung, im September 1708 nochmals eine Vernehmung anzustellen, wobei besonders die Frage beantwortet werden sollte, ob ein Bagger anzuschaffen, oder ob mit dem Kratzen der Versuch zu machen sei. Die Schiffer entschieden sich für das Letzte. Sie meinten, der Bagger werde im See-Gatt der augenscheinlichsten Gefahr ausgesetzt werden, weil oft ein starker Wellenschlag plötzlich eintritt. Sollte es aber auch wirklich gelingen, eine Rinne daselbst zu vertiefen, so werde diese beim nächsten Sturm wieder zugeworfen werden. Dieses habe die Erfahrung im Süder-See bei Enkhuysen gezeigt, wo die Baggerungen (wahrscheinlich dieselben, die Faes ausführte) gar keinen Erfolg gehabt hätten. Die Schiffer waren der Ansicht, dafs grofse Rechen, mit starken eisernen Zinken versehn, bei heftiger Durchströmung des See-Gatts wohl den Sand auflockern möchten, der alsdann vom Strom fortgetrieben werden

Digitized by Google

würde. Die Zollbeamten behaupteten dagegen, dafs die Schiffer hierüber kein Urtheil hätten, weil sie die localen Verhältnisse nicht kennen, ein Bagger verspreche jedenfalls sehr günstige Erfolge. Die Regierung schlofs sich dieser letzten Ansicht an und befürwortete die Erbauung eines Pferdebaggers, doch ergeben die Acten nicht, ob ein solcher damals zur Ausführung kam.

1709 erbaute man eine Reihe von Eisbrechern, welche die Schiffe sichern sollten, die aufserhalb des Grabens auf der Ostseite der Stadt liegen. Dieselben zogen sich von dem südlichen Ufer vor der Stadt in einem Bogen bis gegen die Mitte des jetzigen Russischen Dammes hin, so dafs sie sowohl gegen das von Süden, als von Osten her andringende Eis Schutz gewährten. Anfangs waren deren neun vorhanden, doch giebt eine Charte, etwa von 1740, nur fünf an. Wahrscheinlich waren damals einige bereits zerstört. Der erste Eisbrecher war 10 Ruthen vom Ufer entfernt, der gegenseitige Abstand der folgenden betrug nur 6 Ruthen. Nach der im Jahre 1713 von Brinck aufgenommenen Charte bestanden gleichzeitig innerhalb dieses von den Eisbrechern umgebenen Liegeplatzes eine grofse Menge von Pfählen oder Duc d'Alben, woran die Schiffe befestigt werden konnten. Zum Schutz der letztern diente aufserdem noch eine flache Sandbank, die, wie es scheint, ganz unter Wasser, und ungefähr an der Stelle lag, die jetzt der nördliche Theil des Russischen Damms einnimmt. Im Jahr 1720 besorgte man den Durchbruch derselben, und um diesen zu verhindern, wurden 10000 Stück Faschinen angewiesen. Sie hiefs damals wieder die Maulschelle.

Ohnerachtet dieses theils künstlichen und theils natürlichen Schutzes lagen die Schiffe hier doch sehr unsicher. Die Eisbrecher hielten das Eis keineswegs hinreichend ab, und wurden zertrümmert, sobald grofse Schollen antrieben. Dazu kam noch, dafs der Wellenschlag oft übermäfsig stark war, und die Tiefe neben der Ladebrücke nur 5 Fufs betrug. Suchodolitz spricht hierüber in seinem Bericht vom 11. Mai 1746 und empfiehlt die Ausführung des Plans, den er schon 1731 aufgestellt hatte, und der sich darauf bezog, statt der Eisbrecher einen festen Damm zu erbauen.

1710 wurde die Steindossirung vor dem Ufer neben der Windmühle gebaut, die man das steinerne Bohlwerk nannte.

Digitized by Google

1713, 1722 und 1727 ist von Erbauung neuer Bohlwerke neben der Stadt die Rede, doch sind die Stellen, wo dieselben zur Ausführung kamen, nicht näher bezeichnet. Man sollte meinen, dafs schon in damaliger Zeit die Ufer rings um die Stadt durch Bohlwerke gesichert gewesen wären, doch 1747 wurde noch empfehlon, den Graben auf der Stadtseite mit einem Bohlwerk zu versehn, und ihn auf 12 Fufs zu vertiefen, damit die Schiffe hier während des Winters liegen könnten. Was die Baggerung betrifft, so erwähnt Suchodolitz, dafs die Maschine täglich 40 Schachtruthen fördere. Diese Leistung ist gewifs sehr befriedigend, da nur 4 Pferde dabei benutzt wurden. Zur Beseitigung des gehobenen Materials dienten 7 Prahme, von denen jeder $1^1/_2$ Schachtruthen fafste.

Zur Vertiefung des Grabens wurden die Kosten angewiesen. Unter dem 5. Juni 1749 macht Suchodolitz noch auf manche andre grofse Uebelstände in Betreff des Hafens aufmerksam. Das Bohlwerk auf der Nordseite des Grabens, das vom Gouvernement erbaut worden, sei ganz verfallen. Die Festung weigere sich aber, dieses wieder herzustellen, da die Unterhaltung nur im Schiffahrts-Interesse nöthig sei. 1732 war auf dieser Seite bereits das königliche Salzmagazin eingerichtet. Der Bohlwerksbau kam bald darauf zur Ausführung. Besonders klagte Suchodolitz, dafs es an einem Platze für den Ballast vollständig fehle. Derselbe werde in die Strafsen der Stadt verkarrt, und von hier treibe der Wind ihn wieder in den Hafen. Auch war es damals (wie bis zum Jahr 1826) noch üblich, dafs die Einwohner der Stadt allen Unrath und Kehricht in den Graben warfen.

1733 wurde der Steindamm vor der Stadt und Festung zerstört. Die See trat in die Festungs-Gräben, woselbst sie grofsen Schaden anrichtete. Dasselbe geschah 1737, und dabei wurde zugleich ein grofser Theil der Stadt unter Wasser gesetzt. 1747 brach die Uferdeckung zwischen der Stadt und Festung durch, und in einer flachen Rinne, die jedoch nach dem Sturm trocken war, strömte die See in den Kolk, also in das Haff. Hierauf machte Suchodolitz in Verbindung mit dem Ingenieur Capitain Frantzki den Vorschlag, man möge die Steinböschung, die doch bei jedem Sturm zerstört wird, ganz aufgeben, und sie durch eine hölzerne Ufereinfassung ersetzen. Er empfahl zu diesem Zweck zwei

Digitized by Google

Pfahlwände mit versetzten Fugen unmittelbar hinter einander, und zwar aufserhalb der alten Steinwand schräge einzurammen, darüber, 6 Fufs über Wasser, zwei Holme aufzubringen, und den Raum dahinter bis gegen den Wasserspiegel mit Faschinen auszufüllen, darüber aber Steine zu bringen, die an der Oberfläche regelmäfsig verpackt werden sollten. Dieser Vorschlag kam nicht zur Ausführung, und die Steinwand wurde nach wie vor bei jedem heftigen Sturm durchbrochen.

1733 veränderte sich das See-Gatt. Es war bisher südwärts gekehrt und richtete sich nun gegen Westen. Zehn Jahre später geschah wohl dasselbe, denn eine Charte von 1744 zeigt zwei See-Gatte, von denen das westliche 11 Fufs, das südliche dagegen nur 10 Fufs tief ist.

Im Herbst 1741 wurde zur Orientirung der in der Nacht ankommenden Schiffe das erste Seefeuer bei Pillau, und zwar auf dem Thurm der Pfundbude, eingerichtet. Dasselbe war aber sehr schlecht, und nach dem Bericht des Licentrath Ursinus von 1747 sogar noch schlechter, als das Brüsterorter. Die Schiffer klagten, dafs sie es nicht früher sehn könnten, als bis sie dicht vor dem See-Gatt wären. 1756 wurde es verbessert und vom Thurm, in den zu diesem Zweck als Laterne ausgebauten Erker auf der westlichen Seite desselben Gebäudes verlegt.

Ueber die Beschaffenheit der verschiedenen Fahrwasser bei Pillau und des Hafens in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts hat Suchodolitz so interessante Notizen zusammengestellt, dafs die Mittheilung derselben nicht umgangen werden kann.

Suchodolitz war Ober-Teichinspector, und wurde über Schiffahrts-Angelegenheiten zuerst befragt, als es sich darum handelte, die Pregelmündung zu verbessern. Durch sorgfältige Beobachtung der eintretenden Aenderungen hatte er eine klare Auffassung der Erfordernisse der Schiffahrt und der möglichen Verbesserungen derselben sich angeeignet. Unter den Baumeistern, die beim Hafenbau in Pillau beschäftigt gewesen, gebührt ihm die erste Stelle.

Seine Zusammenstellung der historischen Nachrichten, denen zugleich weitere Vorschläge sich anschliefsen, sind vom 6. Februar 1751 datirt. Er spricht zunächst von der Untiefe vor der Mündung des Pregels. In den sumpfigen Wiesen, welche das

Digitized by Google

Pregelthal bilden, wandte sich in früherer Zeit der Strom vor dem Schlofs Holstein südwärts nach der Bucht bei Haferstrom, die sich ganz verflacht hatte, und woselbst besonders über Mangel an Fahrtiefe geklagt wurde. Im Anfange des Jahrs 1739 untersuchte Suchodolitz die Oertlichkeit, und stellte zugleich an verschiedenen Stellen Bohrungen an. Er überzeugte sich, dafs der Grund überall aus weichem Modder bestand, worin also ein Bagger gut arbeiten konnte. An Geldmitteln zur Verbesserung des Fahrwassers hätte es nicht gefehlt, denn seit 1681 waren von allen hier vorbeigehenden Schiffen Abgaben erhoben, die in manchen Jahren bis 5000 Thlr. betragen hatten und zusammen schon die Summe von nahe 150 000 Thlr. erreichten. Dafs irgend etwas dafür geschehn, wird nicht gesagt. 1732 erging der Befehl, dafs von diesem Jahre ab die Schiffsgelder wirklich auf die Verbesserung des Fahrwassers verwendet werden sollten. In den nächsten fünf Jahren war bereits ein Capital von mehr als 13 000 Thlr. gesammelt, und Suchodolitz erhielt den Auftrag, einen Bagger zu bauen, während auch der Vorschlag genehmigt wurde, dem Pregel eine andre Mündung zu geben, und ihn in gerader Richtung bei Holstein vorbei in das Haff zu führen. Mit beiden Arbeiten wurde gleichzeitig der Anfang gemacht, das neue Strombett ausgegraben und demnächst mit dem neuen Bagger nothdürftig vertieft. Der alte Arm wurde 1749 geschlossen, auch neben dem neuen ein Treideldamm bis an das Haff geschüttet. Seit 1749 gehn die Schiffe durch die neue Mündung. Die Arbeiten hatten sich dadurch verzögert, dafs der Bagger zur Beseitigung einer Sandbank vor dem Pillauer Hafen, also vor der Mündung des Grabens, dringend gebraucht wurde, und hier, wie in der Umgegend, einige Jahre lang beschäftigt war. Suchodolitz bemerkt, es seien in der Pregelmündung noch manche Baggerarbeiten nothwendig, auch müsse der Treideldamm noch 50 Ruthen weit in das Haff geführt und gegen den Wellenschlag gehörig gesichert werden, um den Strom besser zusammen zu halten.

Demnächst werden die Fahrwasser beschrieben, welche aus dem Haff nach Pillau führen. Die sogenannte alte Fahrt, die nahe am Schwalkenberge vorbeigeht, sei früher allein benutzt worden, auch hinreichend tief gewesen, wenn gleich einzelne grofse Steine darin mit Vorsicht hätten vermieden werden

Digitized by Google

müssen. Die von 1682 bis 1684 ausgeführten Baggerungen hätten wenig Erfolg gehabt, weil die vielen im Grunde liegenden Steine fortwährende Beschädigungen der Maschine veranlafsten. Die Schiffer seien indessen auch in andrer Beziehung gegen die Beibehaltung dieses Fahrwassers gewesen. Das hohe Ufer in grofser Nähe habe ihnen nämlich oft den Wind genommen, so dafs sie selbst bei genügender Fahrtiefe und bei sonst gutem Winde nicht hindurchgekommen wären. Welche Tiefe diese alte Fahrt damals gehabt, wird nicht angegeben.

Der Heerd sei seiner Lage nach für die Schiffahrt besonders bequem, seine Tiefe betrage aber stellenweise nur 6 Fufs. Suchodolitz empfiehlt, dafs man hier baggern möge, er habe im März 1740 sich durch Bohrungen von der Beschaffenheit des Grundes überzeugt und keine Steine daselbst gefunden. Der Seesand, der sich oben vorfindet und sehr fest abgelagert ist, überdecke eine weiche grünliche Erde.

Die Renne bilde gegenwärtig das tiefste Fahrwasser, indem sie 7 Fufs tief sei, und werde vorzugsweise benutzt. Die Schiffer klagen jedoch, dafs ihre Richtung zu sehr von derjenigen abweicht, die sie beim Aufsegeln nach Königsberg verfolgen müssen. Es ereigne sich daher häufig, dafs sie einen Wind, der für die Fahrt nach Königsberg günstig wäre, nicht benutzen könnten, weil mit demselben die Renne nicht zu durchsegeln sei.

Die Mittheilungen über den Pillauer Hafen sind bereits erwähnt. Vorzugsweise hält Suchodolitz die Erbauung eines Molo vor dem Hafen für dringend geboten, um theils den Graben, und theils die auf der östlichen Seite der Stadt liegenden Schiffe gegen Wellenschlag und Eis zu sichern. Ein solcher Antrag sei bereits mehrfach gestellt, 1743 habe er wieder daran erinnert, doch eine Entscheidung sei nicht erfolgt. Dieser Molo ist aber nichts Andres, als der später ausgeführte Damm, an den die Sandflächen sich anlegten, welche gegenwärtig den Russischen Damm bilden. Suchodolitz wollte indessen denselben in der Mitte weiter zurücklegen, um ein breiteres Hafen-Bassin darzustellen. Der Damm sollte aber aus Steinkisten bestehn, die 10 Fufs breit und 8 Fufs hoch wären. Auch diese Erinnerung fruchtete nichts.

Ueber das See-Gatt sagt Suchodolitz, dasselbe „dependire mehr von der gütigen Disposition des Allmächtigen, als von der

Digitized by Google

Kunst und Wissenschaft der Menschen". 1623 sei es 7 bis 8 Fufs tief gewesen und im folgenden Jahr 18 Fufs, ohne dafs etwas dafür gethan wäre. In damaliger Zeit, als selbst für unbedeutende Anlagen, wie für den Damm im Haff, der noch dazu auf eine vorhandene Untiefe gestellt werden sollte, die nöthigen Geldmittel nicht zu beschaffen waren, konnte an grofsartige Hafendämme auf der Seeseite nicht gedacht werden.

Die kriegerischen Ereignisse in der nächsten Zeit verhinderten die Regierung, irgend welche Verbesserungen im Hafen oder in den Fahrwassern auszuführen. 1734 hatten die Kosacken die frische Nehrung arg verwüstet, und alle Waldungen, die 1657 vom Commandanten noch verschont geblieben waren, bis nach Polski hin abgebrannt. Während des Sommers 1757 wurde der Hafen durch Russische Kriegsschiffe blokirt, und im Januar 1758 besetzten die Russen die Festung, welche schon vorher, als die Nachricht von der Annäherung der Feinde bekannt wurde, vom Commandanten und der Besatzung verlassen war*).

Bis zum Hubertsburger Frieden blieb die Festung im Besitz der Russen, aber während dieser Zeit kam eine der wichtigsten und schon lange angeregten Verbesserungen des Hafens zur Ausführung, indem auf der Ostseite der Stadt ein Damm im Haff erbaut wurde. Die Russische Scheeren-Flotte sollte bei Pillau liegen, der damalige Hafen, also der Graben, war hierzu aber nicht hinreichend geräumig, daher wurde vor demselben der gegenwärtige eigentliche Hafen dargestellt. Dieses geschah 1759 und 1760. Dieser Damm bildete die Begrenzung des Hafens auf der östlichen Seite. Gegen das Tief trat er so weit vor, wie Fig. 143 in den scharf ausgezogenen Linien angegeben ist. Erst später, nämlich 1830, wurde er südwärts um 18 Ruthen verlängert. Von dem südlichen Ende ab entfernte er sich zuerst etwas von der Stadt, bildete also die Umschliefsung eines etwas breiteren, jedoch sehr kleinen Bassins, und indem er alsdann wieder vortrat, zog er sich parallel zum gegenüberliegenden Ufer bis zu dem Punkt, wo er in die verlängerte nördliche Uferlinie des Grabens traf. Seine ganze Länge betrug 90 Ruthen. Die mehrfach gebrochene Form hatte man ihm wahrscheinlich gegeben, um

*) Beiträge zur Kunde Preufsens. Bd. VI. S. 57.

Digitized by Google

gröfsere Tiefen zu umgehn. Nach einer spätern Mittheilung von Lilienthal ist er mittelst Steinkisten gebaut, die in dem vordern Theil auch noch sichtbar sind.

Die angegebenen Richtungen und die Länge sind aus einer Charte von 1767 entnommen. Dieser wichtige Bau wurde, nachdem Pillau wieder abgetreten war, keineswegs vernachlässigt, vielmehr in der Richtung nach Alt-Pillau zu nach und nach weiter ausgedehnt, man ging jedoch bald zu einfacheren Constructionen über, da bei der schnellen Anhäufung des Sandes neben demselben einfache Bohlwerke genügten. Eine Charte von 1782 zeigt schon eine Verlängerung von 20 Ruthen, und 1791 war der Damm im Ganzen 140 Ruthen lang. Auf seiner östlichen Seite lag ein ausgedehntes Sandfeld. Wenige Jahre später war er 150 Ruthen lang und erstreckte sich so weit über den Graben, oder den ursprünglichen Hafen hinaus, dafs dieser der Mitte des Damms gegenüber lag. Die Sandfläche dahinter gewann auch immer mehr an Ausdehnung, und man fing wohl schon im vorigen Jahrhundert an, sie zu bepflanzen, damit der lose Sand vom Winde nicht in den Hafen getrieben werden möchte. Diese Fläche, welche gegenwärtig zum Theil einen Park oder Garten bildet, heifst der Russische Damm.

Um den so entstandenen neuen Hafen in seiner ganzen Ausdehnung nutzbar zu machen, wurde diesem Damm gegenüber, also auf der westlichen Seite, und zwar nördlich von der Mündung des Grabens, im Jahre 1782 ein Bohlwerk von etwa 30 Ruthen Länge erbaut. Hinter dasselbe mufsten die Schiffe, die in Ballast ankamen, diesen löschen, und es wurde damit das dahinter belegne noch niedrige Terrain erhöht. Das Bohlwerk wurde nach einer andern Charte sogar bis zum Holzhafen verlängert, doch ist dasselbe hier später wieder verschwunden. Man beseitigte es, als die Schiffs-Baustelle von dem hintern Ende des Grabens im Jahr 1817 hieher verlegt wurde. Um den Hafen gegen den von der Seeseite antreibenden Sand zu schützen, wurde 1793 die im Norden der Stadt belegene Sandfläche bis an die Dünenkette vorlängs des Strandes mit Weiden und Ellern bepflanzt, die bei der niedrigen Lage des Terrains sehr gut anwuchsen und nach wenig Jahren bis zur Anhöhe von Alt-Pillau sich hinzogen, Dieses ist die sogenannte Plantage.

Digitized by Google

Was die Fahrwasser betrifft, die von Pillau nach dem Haff führen, so bildete sich die Renne, die sich auf der Ostseite der Nehrungsspitze hinzieht, nach und nach aus, während der Heerd immer mehr versandete. Auf einer Charte von 1774 ist noch ein andres Fahrwasser, nämlich in der Mitte zwischen den beiden vorbenannten angegeben. Die Aufschrift besagt, dafs dasselbe 1769 entstanden sei. Nach den eingeschriebenen Zahlen zu urtheilen, war es nicht tiefer, als die Renne, nämlich nur $7\frac{1}{2}$ Fufs, aber die flachste Stelle hatte eine geringere Ausdehnung, als in dieser. Von diesem neuen Fahrwasser ist später nicht mehr die Rede, es mufs daher, wenn es wirklich einst sich gebildet hatte, bald darauf wieder versandet sein.

Ein heftiger Sturm im December 1792 verursachte sehr starke Beschädigungen an den Ufer-Einfassungen auf der westlichen Seite der Stadt, hier wurden daher in den nächsten Jahren durch den damaligen Kriegs- und Domänenrath Lilienthal neue Steindossirungen ausgeführt. Soweit das Ufer nordwestlich gerichtet war, blieben die Beschädigungen noch mäfsig, aber von diesem Punkte ab, wo es sich nordwärts wendet, mufste es ganz neu gedeckt werden. In angemefsner Weise wurde eine solide Steinpackung von 160 Ruthen Länge bis unter den mittlern Wasserstand herabgeführt, auf der die regelmäfsig versetzten Deckstein sicher ruhten (§ 21). Die Packung selbst lagerte aber theils auf dem Seesande und theils auf einem Schwellrost. In den spätern Stürmen von 1796 und selbst in dem von 1801, der besonders heftig war, litt diese Steindossirung weniger, als die näher an der Stadt belegenen, die dem heftigen Andrange der See nicht so stark ausgesetzt waren.

Die alte Pfundbude wurde 1804 aus fortificatorischen Gründen abgebrochen, und der Berg, auf dem sie stand, abgegraben. Um das Feuer nicht eingehn zu lassen, errichtete man dagegen auf dem sogenannten Lehmberge, oder dem hohen Ufer westlich von Alt-Pillau im Abstande von etwa 300 Ruthen von der See ein Gebäude, worin das Feuer brannte und zugleich ein Wärter wohnte. Es war jedoch der Bau eines grofsen massiven Leuchtthurms in der Stadt, und zwar neben der Lootsen-Station, in Aussicht genommen, der im folgenden Jahre begann und 1816 beendigt wurde.

Digitized by Google

Das See-Gatt erlitt auch in dieser Zeit manche Veränderung. 1767 war es südwestlich gerichtet, 1782 gleichfalls. Im letzten Jahr scheint es gegen 15 Fuſs tief gewesen zu sein. 1794 hatte es sich nach Westen gewandt und war nur 12 Fuſs tief.

Zwei wichtige Vorschläge, welche Lilienthal machte, müssen hier erwähnt werden. Der Hafen von Pillau war zu klein, um alle Schiffe zu bergen, die zuweilen sich hier ansammelten. Es muſste daher die Vergröſserung des Hafens in Aussicht genommen werden. Zu diesem Zweck wurden zwei Projecte entworfen. Nach dem einen sollte der Hafen zwischen der Stadt und dem Russischen Damm auf der Seite nach Alt-Pillau um etwa 160 Ruthen verlängert werden, indem er hier die lichte Weite von 40 Ruthen erhielt und sich zwischen zwei Hafendämmen so krümmte, daſs er in östlicher Richtung endigte und sich an die alte Fahrt anschloſs. Nach dem zweiten Project, wobei die Vergröſserung viel unbedeutender war, sollte ein zweiter Hafen auf der östlichen Seite des Russischen Damms von 25 Ruthen Breite angelegt werden, so daſs dieser Damm als Insel in der Mitte zwischen beiden Häfen blieb. Keines dieser Projecte kam damals zur Ausführung.

Dagegen gab der Sturm im December 1766 Veranlassung zu einem andern Bau. Die Ufer der Nehrungsspitze waren, wie es scheint, bisher noch gar nicht befestigt worden. Während dieses Sturms brach auf der Seeseite ein Streifen von 44 Ruthen Breite ab. Die Strandreiter-Wohnung war früher 132 Ruthen vom Strande entfernt gewesen, nach dem Sturm betrug die Entfernung aber nur noch 86 Ruthen. Auch die Spitze der Nehrung war weit zurückgewichen, nämlich seit der Aufnahme durch Suchodolitz um 37 Ruthen. In dem Bericht vom 22. Januar 1767 machte Lilienthal darauf aufmerksam, daſs die Verbreitung des Tiefs sowohl für das See-Gatt, als auch für das Fahrwasser auf dem Heerde von den nachtheiligsten Folgen sein müsse. Er halte es daher für nothwendig, die Spitze der Nehrung wieder soweit hinauszuführen, als sie früher gelegen habe. Zu diesem Zweck müsse die Ecke *A* (Fig. 143), hinter der das Land noch nicht tief abgebrochen, gedeckt werden. Es solle auf der Haffseite, also im Süden dieser Ecke, und zwar im Abstande von 50 Ruthen, eine 8 Ruthen lange Strauchbuhne erbaut werden,

Digitized by Google

um den Strom abzuweisen. Von hier ab bis zur bezeichneten Ecke, und von dieser auf 60 Ruthen Länge in nordwestlicher Richtung sei dagegen ein starkes Bohlwerk auszuführen. Jenseits dieses Bohlwerks, also an der Seeseite der Nehrung, die damals an der Spitze kaum 40 Ruthen breit war, solle eine 25 Ruthen lange und mit Pfählen befestigte Buhne erbaut werden, um den Sand aufzufangen. Zu dem letzten Zweck seien auch noch Strauchzäune im Zickzack auf den Strand zu stellen. Das Bohlwerk wird noch näher beschrieben. Es solle nämlich eine starke Spundwand ausgeführt werden, gegen welche sich Steinkisten lehnen. Die Spundwand solle nur 2 Fuſs über das Mittelwasser vorragen, die Kisten aber 30 Fuſs breit sein, auf Faschinenlagen ruhn und sich 6 Fuſs über das Wasser erheben. Solche Kisten habe er vor 18 Jahren mit gutem Erfolge im Colberger Hafen ausführen lassen.

Diese Steinkisten wurden noch in demselben Jahr auf beiden Seiten der Ecke, und zwar in den angegebenen Dimensionen, erbaut, wiewohl eine Charte von 1791 besagt, daſs schon 1764 damit der Anfang gemacht sei. 1768 wurde der seeseitige Flügel noch um 30 Ruthen verlängert. Diese Steinkisten haben sich theilweise unbeschädigt erhalten. Noch 1830 waren sie mit Ausnahme der letzten Strecke vorhanden, und die groſsen Vertiefungen vor denselben, an der Ecke *A*, hatten nur die Folge gehabt, daſs sie etwas übergeneigt und tiefer herabgesunken waren. Obwohl ein Umfallen bei ihrer groſsen Breite nicht zu besorgen war, so wurden sie doch durch davor eingerammte Pfähle und einige Senkstücke gesichert. Ihre Erhöhung war aber durch Auflegen neuer Gebinde leicht zu bewirken.

Die beiden Buhnen scheinen nicht zur Ausführung gekommen, oder bald darauf zerstört zu sein. Die Charte von 1791, worauf eine neue Verlängerung der Steinkisten projectirt ist, die jedoch unterblieb, zeigt nicht die Buhnen, dagegen eine Steinböschung, die sich auf 60 Ruthen Länge am Strande der Nehrung hinzog.

In den Französischen Kriegen spielte Pillau keine bedeutende Rolle. Ende 1806 wurde zwar die Festung in Vertheidigungsstand gesetzt, die Plantage niedergehauen, auch leichte Erdwälle auf der Nehrungsspitze errichtet. Letztere wurden jedoch am 15. Juni 1807 verlassen. Zwei Tage später erschien daselbst

Digitized by Google

der Feind, besetzte diese Werke und richtete von dort aus die Geschütze gegen die Festung. Am 18. Juni zeigte sich ein andres Corps auf der Höhe bei Alt-Pillau, und dieses beschofs mit leichten Feldbatterien die Stadt und die Festung, ohne jedoch namhaften Schaden anzurichten. Die weitere Vertheidigung war unter den damaligen politischen Verhältnissen, und nachdem Königsberg schon vom Feinde besetzt war, ohne Zweck, woher am 20. Juni ein Waffenstillstand geschlossen wurde, der sich bis zum Bekanntwerden des Tilsiter Friedens ausdehnte.

Im Jahr 1812 war Pillau gemeinschaftlich von Preufsen und Franzosen besetzt, und beide Besatzungen standen sich mehrere Tage lang innerhalb der Festung feindlich gegenüber, nachdem der erste Aufruf des Königs aus Breslau bekannt geworden war. Als daher ein Russisches Corps sich näherte, um die Festung zu belagern, konnte von Vertheidigung nicht die Rede sein, und die Uebergabe erfolgte am 8. Februar 1813.

Im Anfange des laufenden Jahrhunderts hatte nach vorstehenden Mittheilungen der eigentliche Hafen diejenige Gestalt und Ausdehnung angenommen, die er ohne wesentliche Aenderung und Erweiterung während der nächsten fünfzig Jahre beibehielt. Er war damals wohl überall mit hölzernen Bohlwerken eingefafst, obgleich dieselben in der letzten Zeit, und namentlich während des Französischen Kriegs, sehr schadhaft wurden, auch fehlte genügende Tiefe an vielen Stellen im Hafen. Massive Ufereinfassungen, und zwar sehr rohe Steindossirungen, befanden sich neben dem Tief vom Punkt *U* ab vor der Festung, der Windmühle und vor dem nordwestlichen Theil der Stadt bis zum Punkt *H* (Fig. 143). Dieselben wurden 1794 noch 145 Ruthen weit längs des nordwärts gekehrten See-Ufers fortgesetzt. Auf einer Charte von 1804 mifst die Länge dieser Fortsetzung nur 110 Ruthen, der letzte Theil war damals wohl von der Düne überdeckt.

Die Stadt Pillau hatte in dieser Zeit schon dieselbe Ausdehnung, wie noch gegenwärtig. Fortificatorische Rücksichten verboten ihre spätere Vergröfserung.

Was die Hafenanstalten betrifft, so war das Lootsenwesen bereits eingerichtet, und es bestand für die betreffenden Boote der kleine Lootsenhafen am Tief bei *D*. Ein Feuer zur Be-

Digitized by Google

zeichnung des Hafens brannte auf dem Lehmberge, westlich von Alt-Pillau in einem kleinen Gebäude, das nach der Seeseite von Glaswänden umschlossen war. Der Bau eines massiven Leuchtthurmes bei *B* neben dem Lootsenhafen war begonnen. Die Schiffbaustellen befanden sich an dem hintern schmalen Theil des Grabens bei *N*, doch dienten dieselben wohl nur zum Bau sehr kleiner Schiffe, da zum Ablassen gröfserer die Wasserfläche nicht die nöthige Ausdehnung hatte. Unmittelbar daneben, und zwar auf der Nordseite des Grabens, wo später einige Privathäuser erbaut sind, war der Ballastplatz eingerichtet. Zwei Kochhäuser, eins ohnfern der Mündung des Grabens und das andre auf dem Russischen Damm (beide in Fig. 143 mit *K* bezeichnet) waren massiv ausgeführt, da auf den im Hafen liegenden Schiffen kein Feuer angezündet werden durfte. Endlich existirte schon damals ein sogenannter Holzhafen, worin Flöfse liegen sollten, bevor die Balken in Schiffe verladen wurden. Dieser Holzhafen hatte indessen nicht nur an sich eine ungünstige Lage, indem er aufserhalb des Schutzes vom Russischen Damm lag, sondern auch nicht gehörig umschlossen war, woher das eingebrachte Holz leicht forttrieb, oder auf das flache Ufer geworfen wurde. Er blieb daher auch fast immer unbenutzt, und nur ausnahmsweise in günstiger Jahreszeit und wenn eine baldige Verladung in Aussicht stand, brachte man einige Flöfse hinein. Dafs die kahlen Sandschellen im Norden der Stadt schon damals mit Ellern und Weiden bepflanzt wurden, ist bereits erwähnt.

Das See-Gatt war sowohl in Betreff seiner Tiefe, als auch seiner Richtung sehr veränderlich. Zuweilen, wie 1624 und 1787 war es 18 Fufs tief gewesen, im Allgemeinen mafs die Tiefe aber selten mehr als 10 Fufs, und nach dem Abgange des Eises 1805 sogar nur 6 Fufs. Damals konnte selbst kein leeres Schiff aus dem Hafen in See gebracht werden, und auf den Vorschlag eines Englischen Schiffs-Capitains versuchten die Mannschaften der zum Ausgehn bereit liegenden Schiffe das Gatt dadurch zu vertiefen, dafs sie mittelst Ruderböten schwere Ketten, Dragger und dergleichen über die Barre zogen, um den Sand aufzulockern. Der Strom trieb denselben auch in der That fort, und nachdem diese Arbeiten einige Tage hindurch fortgesetzt waren, hatte sich daselbst eine Rinne gebildet, die gegen 10 Fufs

Digitized by Google

tief war. Wichtig ist es, dafs schon in dieser Zeit das Bedürfnifs anerkannt wurde, durch Regulirung der Ufer des Tiefs den ausgehenden Strom so zu leiten, dafs er auf der Barre ein passendes Fahrwasser oder See-Gatt bilden sollte. Ein schwacher Anfang war in dieser Beziehung, wie bereits erwähnt, auch schon gemacht worden, indem vom Punkte *A* auf der Nehrung eine Mole, etwa 70 Ruthen weit, frei in das Tief trat, die sich auch bald mit antreibendem Sande hinterfüllte und dadurch sich in eine Ufereinfassung verwandelte.

Endlich sind noch die Versuche zur Darstellung eines tieferen Fahrwassers zwischen Pillau und Königsberg zu erwähnen. Das Bedürfnifs eines solchen trat jedesmal auf, wenn das See-Gatt zufällig eine gröfsere Tiefe angenommen hatte. Von Bedeutung war in dieser Beziehung ohne Zweifel die Regulirung der Pregelmündung. Aufserdem wurden auch durch einen oder zwei Pferdebagger die flachsten Stellen im Haff etwas vertieft.

§ 52.

Spätere Bauten.

Das Jahr 1810 ist in der Geschichte des Pillauer Hafens besonders wichtig. Schon während des Kriegs mit Frankreich begannen die grossen Reformen, welche der damalige Finanz-Minister Freiherr von Stein einführte. Die Communen sollten nicht mehr, wie bisher, unmündig bleiben und jede Verbesserung nur von der Regierung erwarten, vielmehr daran sich selbst bethätigen und selbstständig die Verwaltung ihrer eignen Angelegenheiten übernehmen. Nicht nur die Städte-Ordnung wurde erlassen, sondern auch andre Körperschaften mit ähnlichen Befugnissen versehn. Den Pillauer Hafen hatte die Regierung, wie sich aus Vorstehendem ergiebt, bisher sehr stiefmütterlich behandelt. Aufser den nothwendigsten Bagger-Arbeiten und Ufer-Befestigungen, die immer auf das dringendste Bedürfnifs beschränkt blieben, war seit hundert Jahren nichts geschehn. Den wichtigsten Bau, wodurch Pillau zum Hafen wurde, hatten die Russen ausgeführt. Nichts desto weniger wurden unter verschiedenen Titeln bedeutende Abgaben von den einlaufenden Schiffen erhoben.

Digitized by Google

Der Handel von Königsberg konnte bei der schlechten Beschaffenheit des See-Gatts, wodurch der Hafen für gröfsere Schiffe meist gesperrt war, sich nicht heben, und dieser Uebelstand wurde um so fühlbarer, als das Gatt zuweilen eine gröfsere Tiefe annahm und dadurch die Vermuthung erweckt wurde, dafs eine solche ihm dauernd gegeben werden könne, wenn gröfsere Summen, also etwa die vollständigen Hafengelder, auf die Bauten verwendet würden. Diesen sehr begründeten Klagen liefs sich am einfachsten dadurch begegnen, dafs der Kaufmannschaft selbst die Verwaltung des Hafens überlassen wurde, welche die Bedürfnisse am richtigsten beurtheilen konnte.

Am 1. Juni 1810 übernahm die Königsberger Kaufmannschaft die Verwaltung der Hafen- und Schiffahrts-Anstalten in Pillau und Königsberg. Die betreffende Urkunde erhielt am 31. Januar 1811 die königliche Bestätigung. Die Kaufmannschaft wurde dadurch ermächtigt, die zur Unterhaltung der Hafen- und Schiffahrts-Anstalten erforderlichen Gefälle zu erheben und zu verwalten. Die Rechnungslegung an den Staat wurde nur in soweit ausbedungen, als solche überhaupt allen Communen und Corporationen durch die Gesetze auferlegt war. Die zu erhebenden Abgaben wurden bestimmt bezeichnet, und die Kaufmannschaft verpflichtete sich, dieselben zur Unterhaltung, Erneuerung und Verbesserung sämmtlicher Hafen- und Schiffahrts-Anstalten in Pillau und Königsberg, und zur Besoldung der betreffenden Beamten nach den in der Urkunde bezeichneten Sätzen zu verwenden, wogegen ihr die betreffenden Inventarienstücke, Gebäude und Grundstücke übergeben wurden. Hierzu kam noch ein geringer Kassenbestand von etwas über 2000 Thaler. Die Urkunde besagt, dafs die zu vorstehenden Zwecken vorzunehmenden Baue von der Kaufmannschaft, in welcher Art und durch wen sie will, ausgeführt werden, jedoch sollte dieses nicht nur unter der allgemeinen polizeilichen Aufsicht, sondern auch unter dauernder Controle gewisser in Pillau und Königsberg angestellten Staats-Baubeamten geschehn. Wesentliche Abänderungen in den bestehenden Anlagen, wichtige Erneuerungen und ganz neue Anlagen dürften auch nicht ohne Anzeige bei der Provinzial-Behörde und nur nach den von dieser bestätigten Projecten unternommen werden.

Digitized by Google

Durch die letzte Bestimmung wurde das erste Zugeständnifs, dafs die Kaufmannschaft, in welcher Art sie wolle, bauen dürfe, im höchsten Grade beschränkt, und factisch hatte sie nur zu entscheiden, ob auf Rechnung oder in Entreprise gebaut werden solle. Der Geschäftsgang bei Aufstellung und Genehmigung der Bau-Projecte war genau derselbe, wie bei Staatsbauten, und die königlichen Behörden entschieden über die Anordnung und Construction der Bauten, so wie grofsentheils auch darüber, was gebaut werden solle. Namentlich geschah das Letzte, nachdem die Vorlegung der Etate eingeführt war. Die Verhältnisse gestalteten sich hiernach ganz anders, als etwa in den Englischen Häfen, soweit diese nicht dem Staat angehören oder Kriegshäfen sind. Dafs die Königsberger Kaufmannschaft selbst zur Verbesserung bedeutende Summen aufbringen sollte, war nicht zu erwarten, da sie theils keine neuen Abgaben auferlegen durfte, theils aber auch das Hinterland wenig Ausdehnung hatte und, von den Strömen abgesehn, aller bequemen Zufuhrwege entbehrte, aufserdem aber auch die Zufuhr aus Rufsland grofsen Schwierigkeiten unterlag, während die Einfuhr von Gütern dahin nahezu unmöglich war. Die Unterhaltung und Verbesserung der Hafenanlagen konnten demnach nur den Einnahmen entsprechend zur Ausführung kommen.

Doch auch hierdurch war schon vergleichungsweise mit den bisherigen Verhältnissen sehr viel gewonnen. Nicht nur fanden die Hafengelder ihre volle Verwendung der Bestimmung gemäfs, sondern der einfachere Geschäftsgang war frei von den für den Staatsdienst vorgeschriebenen Formen, und wie in einer geregelten Haushaltung oder in einem Privatgeschäft durften günstige Conjuncturen ohne Zeitverlust wahrgenommen werden. Als ich dort Hafenbau-Inspector war, wurde mir sogar gestattet, bei günstiger Gelegenheit Ankäufe von Holz zu machen, wenn sich auch noch nicht übersehn liefs, wo dasselbe verwendet werden sollte. Eben so durfte ich, ohne die Genehmigung abzuwarten, mit mäfsigen Arbeiten vorgehn, um einen plötzlich entstandenen Schaden auszubessern, oder seiner weitern Ausdehnung zu begegnen, oder auch wohl irgend einen günstigen Umstand zu benutzen, der die spätere Ausführung eines in Aussicht stehenden Baues erleichtern konnte. Kommt noch hinzu, dafs im Vorsteheramt der

Digitized by Google

Kaufmannschaft Männer waren, die das Seewesen genau kannten und durch ihre Verbindungen von den Preisen der Baumaterialien in der Umgegend sich unterrichteten, so ergiebt sich, dafs der Bau-Beamte einer solchen Corporation einer viel schärferen und eingehenderen Controle unterworfen ist, als im Staatsdienst, während bei gegenseitigem Vertrauen ein sehr selbstständiger Wirkungskreis sich ihm eröffnet, der Gelegenheit bietet, die Bauten schneller und wohlfeiler auszuführen, als wenn die sonst vorgeschriebenen Formen streng beobachtet werden müfsten.

Der Hafen befand sich, als die Kaufmannschaft ihn übernahm, in dem traurigsten Zustande. Der damalige Wasserbau-Director Fr. Schulz*) berichtete darüber unter dem 28. September 1809 an die Königsberger Regierung Folgendes.

Es existiren zwei See-Gatte, das ältere, welches genau nach Westen gerichtet, ist 11 Fufs tief, das neue dagegen, welches vortheilhafter gelegen, hat nicht mehr als 8 Fufs Tiefe (im Sommer 1810 konnten die Schiffe nur mit 9 Fufs Tiefgang einkommen). An der Stelle, wo beide Gatte sich vereinigen, liegt ein Wrack, ein andres im Kessel. Beim Bau des Leuchtthurms, der 80 Fufs hoch und mit Nebengebäuden verbunden werden soll, sind nur zwei Maurergesellen angestellt. Die Bohlwerke befinden sich in „unbeschreiblich schlechtem Zustande". Von den am innern Hafen belegenen ist der dritte Theil völlig eingestürzt, mehr als ein Drittel kann „ohne Lebensgefahr" nicht benutzt werden, und nur der übrige kleine Theil ist zu gebrauchen. Das hohe Bohlwerk (auf der Südseite der Stadt, oder am Tief) droht den Einsturz. Seit zwei Jahren ist im Hafen nicht gebaggert, und es können nur Schiffe von 10 Fufs Tiefgang eingebracht werden.

Die Kaufmannschaft schritt nunmehr sogleich zur Verbesserung des Hafens, soweit die Einnahmen dieses irgend gestatteten. Am dringendsten war die Instandsetzung des Binnen-Hafens, und wenn der Neubau der Bohlwerke auch nahe 20 Jahre in Anspruch nahm, so gewann dennoch das Ganze, indem Vieles nur vorläufig ausgebessert wurde, in wenig Jahren schon ein sehr

*) Der Verfasser des wichtigen Werkes: Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Königsberg 1808.

Digitized by Google

verändertes Ansehn und das erste Bedürfnifs war befriedigt. Es ergab sich aber auch, dafs die Einnahmen nicht nur die Kosten zur Unterhaltung des Hafens deckten, sondern auch die Mittel boten, um einige wichtige Verbesserungen und neue Anlagen nach und nach zur Ausführung zu bringen.

Namentlich wurde der Bau des Leuchtthurms kräftig fortgesetzt, und wenn derselbe auch erst im Jahr 1816 beendigt wurde, so konnte doch schon am 8. Februar 1813, an dem Tage, als die Französische Besatzung die Festung verliefs, das Feuer zum erstenmal angezündet werden. Es ist seitdem auch stets unterhalten worden, obgleich es bis gegen 1830 in den Sommermonaten nicht brannte. Das Licht befindet sich 90 Fufs über dem mittleren Spiegel der See. Es sind daselbst 15 Argand'sche Lampen in zwei Reihen über einander aufgestellt, die den halben Horizont nach der Seeseite beleuchten. Jede Flamme befindet sich im Brennpunkt eines versilberten und sauber ausgeführten parabolischen Spiegels von $22\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Das Licht wird gewöhnlich von den ankommenden Schiffen in der Entfernung von 4 Deutschen Meilen deutlich gesehn. Als es eingerichtet wurde, war es das beste Feuer an der ganzen Preufsischen Küste. Ursprünglich war es Absicht, noch 2 andre Lampen mit zugehörigen Spiegeln nach der Haffseite zu richten, doch unterblieb dieses zunächst, indem es für entbehrlich erachtet wurde. Erst im Jahr 1842 wurde eine nach dem Haff gerichtete Lampe mit einem neuen Spiegel hinzugefügt.

Der oben erwähnte Abbruch der alten Pfundbude, die sehr weit sichtbar war, und den ankommenden Schiffen als Landmarke diente, veranlafste in dieser Zeit noch einen andern Bau. Das höhere Ufer bei Alt-Pillau, das ganz kahl und mit Sand überweht war, konnte nämlich, wenn es auch etwa 50 Fufs hoch ist, doch in weiter Entfernung nicht deutlich erkannt werden, und die Kuppel des Leuchtthurms war zu klein, als dafs sie bemerkbar gewesen wäre. Es trat der eigenthümliche Fall ein, dafs die Schiffer manche meilenweit hinter Pillau belegene Gegenstände, namentlich die Ruinen des Schlosses Balga und den Dom von Frauenburg früher sahen, als Pillau. Um den Hafen schon in der Ferne kenntlich zu machen, wurde daher auf der höchsten Anhöhe hinter Wogram die sogenannte Landmarke erbaut.

Digitized by Google

Dieselbe besteht in einer 38 Fufs langen, sehr starken und 36 Fufs hohen Mauer, die ihre breite Seite der See zukehrt, und über die sich noch drei stumpfe pyramidale Spitzen von 10 Fufs Höhe erheben. Die Schiffer sagen, dafs die Marke, wenn sie zuerst sichtbar wird, wie ein dreimastiges Schiff erscheint, doch läfst die grofse Höhe, worin sie gesehn wird, sie bald sicher erkennen. Früher wurde diese Marke weifs angestrichen. Gegen den dunkeln Himmel trat sie sehr deutlich vor, aber bei trübem Wetter war sie nicht sichtbar. Vom Russischen Damm aus, also in der Entfernung von nur etwa 400 Ruthen, war es mir einst unmöglich, das hohe und massenhafte Mauerwerk zu sehn, während die kleine dunkle Blechfahne von nur 2 Fufs Länge vollkommen deutlich war. Auch klagten die Schiffer jedesmal, wenn die Marke frisch geputzt und getüncht war, sie erschien dagegen viel kenntlicher, sobald der Putz abfiel und die rohen Ziegel vortraten. Aus diesem Grunde wird jetzt ein braunrother Anstrich gewählt, der beim Nebel und feinen Regen die Marke besser erkennen läfst.

Der hintere und schmalere Theil des Grabens, in Fig. 143 mit *N* bezeichnet, war bisher Schiffsbaustelle gewesen, bot indessen zu diesem Zweck nicht die nöthige Räumlichkeit, und aufserdem besorgte man, dafs bei den nothwendigen Feuerungen zum Biegen der Planken und zum Theerkochen leicht ein Brand entstehn könnte, der für die im Graben liegenden Schiffe, wie für die Stadt gefährlich wäre. Aus diesen Gründen wurde 1817 die Schiffsbaustelle hinter den Hafen an die mit *P* bezeichnete Stelle verlegt, während jener Theil des Grabens an die Hafen-Bauverwaltung überging, und es wurden die Bagger, die Prahme und andre Dienstfahrzeuge so wie Holzflöfse darin untergebracht, auch die beiderseitigen Ufer als Stapelplätze benutzt. Für die verschiedenen Baugeräthe und Utensilien wurde ein hölzerner Schuppen ohnfern der Windmühle *Q* erbaut, und die Ketten, Anker und sonstige werthvollere Gegenstände brachte man in das massive frühere Pechhaus auf der Südseite des Bauhafens.

Die Schiffsbaustelle *P* lag auf Festungsterrain, woher die zugehörigen Schuppen nur leicht in Holz ausgeführt, auch auf Verlangen jederzeit beseitigt werden sollten, während eine mäfsige Pacht für die Plätze erhoben wurde. Auch der nördliche Theil

Digitized by Google

des Russischen Damms war Festungsterrain, doch wurde daselbst die Einrichtung eines Ballastplatzes, so wie auch die Ausführung einfacher Bohlwerke vor demselben gestattet, während später, bei Erbauung eines Forts an dieser Stelle, der Ballastplatz aufgegeben werden mufste.

Indem das See-Gatt nach dem Uebergange der Hafen-Verwaltung an die Kaufmannschaft mehrere Jahre hindurch mit seltenen Ausnahmen nur 9 bis 10 Fufs tief gewesen war, so stellte sich die Verbesserung desselben durch fernere Einschränkung des Tiefs als dringendes Bedürfnifs heraus.

Die Kaufmannschaft erklärte sich bereit, die Kosten dieses Baues aus den Hafengeldern zu bestreiten. Es wurde damit auch bald der Anfang gemacht. 1816 erfolgte die Wiederherstellung der vor fünfzig Jahren von Lilienthal ausgeführten Steinkisten in ihrer frühern Länge. Die Berichte besagen sogar, der Bau sei um 12 Ruthen verlängert worden, doch bestätigen dieses die Charten nicht. Wahrscheinlich waren die alten, sich selbst überlassnen Steinkisten im vordern Theil zerschlagen oder versunken.

Nunmehr entstand die Frage, in welcher Art dieser Damm weiter gebaut werden solle. Der Baumeister der Kaufmannschaft, Hafenbau-Inspector Petersen, sprach sich unter dem 18. December 1816 unbedingt für die Beibehaltung der bisherigen Constructionsart, also der Steinkisten, aus. Er wies nach, wie sicher in denselben die Steine gelagert seien, und wie die Kisten keinen Schaden nehmen, wenn die Wellen auch 12 bis 15 Fufs hoch darüber schlagen.

Dieser Vorschlag wurde jedoch Seitens der Staats-Behörden nicht genehmigt. Man glaubte damals, dafs flache Steindossirungen den Wellen am kräftigsten widerstehn. Der Wellenbrecher vor Plymouth war in dieser Art erbaut, und die Construction desselben fand schon bei den Swinemünder Hafendämmen Nachahmung. Dasselbe sollte auch bei Pillau geschehn, und zwar wurde für diesen Bau gleichfalls ein sehr starkes Profil gewählt. Die Krone des Damms sollte 36 Fufs breit sein, in der Mitte 7 und in ihren Rändern 5 Fufs über dem mittlern Wasserspiegel liegen. Die seeseitige, also südliche Böschung erhielt dreifache und die stromseitige zweifache Anlage. Die Breite in der Höhe des Wasserspiegels betrug also etwa 60 Fufs. Die-

Digitized by Google

selben Dossirungen setzten sich auch unter Wasser fort, und wenn starke Vertiefungen daneben entstanden, sollten kurze Köpfe 50 bis 100 Fuſs weit seitweits vortreten. Um den Steinen auf dem sandigen Untergrunde ein sicheres Lager zu geben, und um zugleich bei der Kostbarkeit derselben einige Ersparung einzuführen, sollte, wie in Swinemünde geschehn, der Kern des Damms aus Senkstücken ausgeführt und mit Steinen überdeckt werden.

Was die beabsichtigte Richtung und Länge der Mole betrifft, so weist die Situations-Zeichnung Fig. 143 in den punktirten Linien diese nach. Es war also Absicht, die Mole eben so weit, wie das bereits gedeckte nördliche Ufer des Tiefs, vortreten zu lassen.

Als 1817 der Bau beginnen sollte, hatte sich eine hohe Sandbank vor den Kopf des bereits ausgeführten Damms gelegt, deren Beseitigung namhafte Kosten veranlafst haben würde. Die Ausführung unterblieb also, bis der Sand wieder durch Strömung und Wellenschlag fortgetrieben wäre. 1819 war dieses geschehn und nunmehr wurden Senkstücklagen 170 Fuſs weit verlegt und mit Steinen beschwert. Im Jahr 1826 hatte dieser Theil der Mole, der im Wasserspiegel 60 Fuſs breit war, die Länge von 15 Ruthen. Die ganze Länge des Damms vom Punkt *A* ab mafs damals 92 Ruthen. Die letzte Strecke war aber noch nicht abgepflastert, vielmehr lagen die zur Beschwerung aufgebrachten Steine noch in bedeutend gröfserer Höhe zwischen Caisson-Pfählen. In der Zeichnung Fig. 143 sind durch die beigeschriebenen Jahreszahlen die erwähnten Verlängerungen bezeichnet.

In diesem Zustande blieb der Bau 9 Jahre hindurch und erfuhr in dieser Zeit keine Beschädigung. Vor seinen Kopf legten sich aber zuweilen grofse Sandmafsen, und wurden auch wieder fortgetrieben. Die Tiefe des See-Gatts hatte von 1816 bis 1819 um 3 Fuſs sich vergröfsert, wozu 1822 bis 1823 noch 1 Fuſs kam, so dafs sie also nunmehr 15 Fuſs mafs und für die damaligen Verhältnisse genügte. Aus diesem Grunde wurde von der weitern Fortführung des Baues abgesehn. Dieses war auch geboten, da andre Ausführungen sich als dringend nöthig herausstellten, welche die disponiblen Geldmittel vollständig in Anspruch nahmen.

Diese bezogen sich zunächst auf Instandsetzungen

Digitized by Google

nach dem Sturm am 17. Januar 1818. Die Verwüstungen desselben waren in der ganzen Provinz übermäfsig grofs. Dichtgeschlofsne Tannenwaldungen wurden umgestürzt, Häuser umgeworfen und dergleichen. Die See vor Pillau schwoll so hoch an, dafs die Wellen quer über die niedrige Landzunge zwischen Pillau und Alt-Pillau in das Haff überschlugen. Das hohe Bohlwerk wurde beschädigt, aber vorzugsweise traf die Zerstörung die Steinböschung neben der Windmühle, wie auch weiter westwärts. Zum Theil verschwand sie ganz, man bemerkte aber, dafs Unterspülungen sich nirgend gezeigt hatten, dafs vielmehr die Steine immer heraufgeworfen waren und hinter der frühern Böschung lagen. Die darüber laufenden Wellen hatten aber die Erdschüttung dahinter stark angegriffen und abgebrochen, so dafs tiefe Einrisse darin entstanden. Der Neubau der zerstörten Strecken und die Ausbesserungen erfolgten 1818 und 1819. Hieran schlossen sich auch mehrfache Bohlwerksbauten im Innern des Hafens an.

Am 5. Januar 1825 trat wieder ein sehr heftiger Sturm ein, der die Steinböschung unmittelbar neben der Stadt zerstörte. Fig. 143 zeigt, dafs das hohe Bohlwerk sich vor der Mündung des Hafens zur Seite des Tiefs, beim Lootsen-Hafen vorbei bis zum Punkt *H* fortsetzt, hier aber vor einer einspringenden Bucht aufhört. Diese Bucht, die schon früher durch eine Steinböschung gedeckt war, wurde diesesmal am stärksten beschädigt, und das Deckwerk davor verschwand sogar vollständig. § 21 ist hiervon schon die Rede gewesen, auch angegeben, weshalb diese anscheinend mehr geschützte Stelle vorzugsweise beschädigt wurde. Die Steindecke lag nämlich nur auf dem Sande, welchen das von oben hindurchdringende Wasser fortgerissen hatte.

Es wurde vorgeschlagen, die Steinböschung hier ganz eingehn zu lassen, und dafür das hohe Bohlwerk in gerader Linie über die Bucht hinaus zu führen. Dabei wurde darauf hingewiesen, dafs, wenn ein Bohlwerk zur Seite des Tiefs auch manchen Beschädigungen, namentlich beim Eisgange ausgesetzt ist, es nach den bisherigen Erfahrungen doch weniger leidet und mit geringern Kosten zu unterhalten ist, als eine Steinböschung. Auch wurde die Wichtigkeit des breiten Kais hervorgehoben, der nach diesem Project gewonnen würde. Der Vorschlag stimmte

Digitized by Google

nahe mit dem demjenigen überein, den Suchodolitz bereits 1747 gemacht hatte, nichts desto weniger fand derselbe entschiedenen Widerspruch. Trotz mancher bereits vorliegenden unglücklichen Erfahrungen wurde in damaliger Zeit die möglichst flache Steinböschung noch als das sicherste Schutzmittel gegen den Angriff der Wellen angesehn, und so geschah es, dafs zwar der erste Theil des Vorschlags, nämlich die Schliefsung der Bucht, genehmigt, der zweite Theil, oder der Bohlwerksbau, dagegen verworfen wurde. Man solle sogar die Beseitigung des ganzen hohen Bohlwerks in Aussicht nehmen, welches gelegentlich gleichfalls durch eine flache Steinböschung zu ersetzen sei.

Gegen diese Aenderung des Projects und namentlich gegen die beabsichtigte Fortführung der Steinböschung bis zur Hafenmündung wurde Seitens der Hafenverwaltung heftiger Einspruch erhoben, weil dadurch die Schiffahrt wesentlich leiden, sogar der Hafen ganz gesperrt werden würde. Was den ersten Punkt betrifft, so war es augenscheinlich, dafs die Steinböschung der in gerader Linie abgeschlossenen Bucht etwa 60 Fufs vor das hohe Bohlwerk vortreten würde, und dafs alsdann die Schiffe beim Ausgehn aus dem Hafen bei südlichen oder südöstlichen Winden, indem sie am hohen Bohlwerk die Segel beisetzen, den Fufs dieser Böschung nicht vermeiden könnten. In diesem Fall wäre nur übrig geblieben, das hier übliche und sehr bequeme Manöver beim Ausgehn der Schiffe (§ 31) ganz aufzugeben, und jedes Schiff durch Warpen bis weit vor den Hafen zu bringen, damit es daselbst, indem es vor Anker liegt, die Segel beisetzt.

Die Richtigkeit dieses Bedenkens wurde schliefslich von der Regierung anerkannt, und so erhielt das Project die Zustimmung, wonach die Bucht beibehalten und auf der östlichen Seite durch einen Flügel des hohen Bohlwerks begrenzt, im Uebrigen aber durch eine flache Steinböschung umschlossen werden sollte. Der Bau kam 1829 zur Ausführung. Von der Beseitigung des hohen Bohlwerks und der Ersetzung desselben durch eine flache Steinböschung ist seitdem nicht mehr die Rede gewesen.

In demselben Jahr wurde die Hafenmündung durch Verlängerung des Russischen Damms gegen den starken Wellenschlag aus dem Haff gesichert. Der neu hinzugekommene 18 Ruthen lange Flügel *I* ist in der Situations-Zeichnung Fig. 143

Digitized by Google

durch die punktirten Linien angedeutet. Auf die früher übliche Constructionsart mittelst Steinkisten durfte dabei nicht zurückgegangen werden, und jedenfalls mufste wegen des zu erwartenden starken Eisandrangs die Steinböschung hier Anwendung finden. Auf der Hafenseite liefs sich indessen eine solche nicht anbringen, weil sonst die Mündung zu sehr beengt worden wäre, auch auf dem Kopf des neuen Damms verbot sie sich, weil sie kegelförmig sich auch auf die innere Seite ausgedehnt haben würde. Um daher den Bau mit Senkstücken und Steinpackung auf der Hafenseite durch eine beinahe senkrechte Wand abzuschliefsen, wurde hier, wie auch vor dem Kopf eine Reihe Pfähle eingerammt, die sich einander unmittelbar berührten, also keine Steine hindurchfallen liefsen. Ich versah dieselben wenig über dem mittlern Wasser mit einem Holm und stellte noch eine zweite Reihe Pfähle davor, die 4 Fufs von einander entfernt und gleichfalls mit einem Holm überdeckt waren. Beide Holme wurden darauf mittelst Schraubenbolzen vereinigt, und so erhielt diese Holzwand, die überdiefs etwas geneigt war, hinreichende Stabilität, um bei der grofsen Wassertiefe, die zuweilen 20 Fufs mafs, dem Seitendruck der Steinschüttung widerstehn zu können. Diese Schüttung ruhte auf Senkstücklagen und bildete auf der Haffseite die Dossirung. Ich mufs hinzufügen, dafs ich dreifsig Jahre später diesen Bau sehr genau untersucht habe. Die neben einander eingerammten Pfähle, die nur wenig über den mittlern Wasserstand heraufreichten, waren vollkommen fest geblieben, und die Tafeln von Bohlen, die ich dahinter geschoben hatte, um das Durchfallen kleiner Steine zu verhindern, waren gleichfalls noch bemerkbar. Die Holme waren theilweise erneut worden, und der Damm hatte bedeutend an seiner ursprünglichen Höhe verloren, indem die Senkstücke sich stark gesetzt hatten.

Dieser Bau hat später und namentlich seitdem grössere Schiffe in den Hafen einlaufen, zu vielfachen Beschwerden Veranlassung gegeben, insofern er die Hafenmündung zu sehr beengt. Veranlassung zu seiner Ausführung war der sehr starke Wellenschlag bei südlichen und östlichen Winden, wobei sogar zuweilen die im vordern Theil des Hafens vor dem Revisions-Schuppen liegenden Schiffe weiter aufwärts verholt werden mufsten. Dieser Uebelstand liefs sich wohl in keiner andern Weise beseitigen,

Digitized by Google

als durch solchen Flügel. Die Frage, ob derselbe vielleicht zu weit vorträte, hatte ich indessen schon vorher berücksichtigt. Als ich im Winter 1828 auf 1829 das Project bearbeitete, steckte ich auf dem Eise den Flügel aus, und die Lootsen sowohl, wie mehrere erfahrne Schiffer erklärten, dafs das Einkommen der Schiffe dadurch keineswegs erschwert werden würde. Um so unerwarteter war es daher, als beim Beginn des Baues die Schiffe wiederholentlich gegen die Rüstungen und eingerammten Pfähle liefen und diese abbrachen, während sie die Rammen umwarfen. Ich mufste daher den Aufseher anweisen, sobald ein Schiff einlief, die Arbeit augenblicklich einzustellen und die gesammte Mannschaft zu entfernen.

Nachdem endlich die Holzwand beendigt und mit Steinen hinterfüllt war, stiefs alsbald ein Schiff wieder dagegen. Es litt aber nunmehr selbst Havarie, indem einige Bohlen am Buge durchbrachen. Unmittelbar darauf kam eine andre noch gröfsere Bark, von einem sehr aufmerksamen Lootsen geführt, ohne Unfall in den Hafen. Hierdurch war der Beweis geliefert, dafs jenes erste Auflaufen zu vermeiden gewesen wäre. Während der folgenden beiden Jahre, oder so lange ich in Pillau blieb, hat nie wieder ein Schiff in der Art den neuern Damm berührt, dafs es diesen beschädigt oder selbst Schaden gehabt hätte.

Als das See-Gatt im Frühjahr 1855 sich bis auf 22 Fufs vertieft hatte, liefen die Wellen, die bisher auf der Barre gebrochen wurden, nunmehr ungeschwächt in das Tief ein und beim Uebergange an der Mündung des Hafens erregten sie auch in diesem so heftige Bewegungen, dafs die daselbst liegenden Schiffe mit besonderer Vorsicht befestigt werden mufsten. Diese wurden auch in andrer Weise gefährdet, indem der durch das Tief eintreibende Seesand die Ablagerungen auf der Haffseite weiter ausdehnte und erhöhte, und dadurch die Durchströmung des Hafens vom Kolk aus verstärkte.

Schon früher wurde noch ein andres grofsartiges Unternehmen eingeleitet, das bis zur neusten Zeit eifrig fortgesetzt ist, und sehr bedeutende Kosten in Anspruch genommen hat. Dieses ist die Darstellung eines tiefen Fahrwassers zwischen Pillau und Königsberg. Nachdem das See-Gatt, wie erwähnt, die grofse Tiefe erreicht hatte, wünschte man, dafs auch gröfsere

Digitized by Google

Schiffe nach Königsberg aufkommen möchten. Das Haff hatte zum Theil bereits die Tiefe von 15 Fufs, doch wurde das Fahrwasser vorzugsweise durch die Verflachungen vor der Pregel-Mündung und in der Renne unterbrochen, wo der Wasserstand zuweilen nur 8 bis 9 Fufs mafs und durch zwei Pferdebagger gewöhnlich auf 11 Fufs gehalten wurde. Mittelst eines kräftigen Dampfbaggers hoffte man in wenig Jahren durchweg die Tiefe von 15 Fufs darzustellen und dieselbe auch leicht dauernd zu erhalten.

Auf Veranlassung eines in Königsberg ansässigen Engländers, der die Arbeiten an der Clyde gesehn hatte, kaufte man im Jahr 1831 ein altes Dampfboot, das erste, das auf der Themse gefahren hatte, aber wegen Unbrauchbarkeit schon lange aufser Dienst gesetzt war, und versah dasselbe nach Anweisung desselben Herrn mit einer überaus complicirten Baggermaschine. Der Versuch mifsglückte vollständig, dieser Bagger erwies sich sogleich als ganz untauglich. Einige Jahre später wurde ein Schiff nebst Maschine, ähnlich denjenigen, die bereits in Stettin benutzt wurden, bei inländischen Fabrikanten und Schiffbauern bestellt. Dieser Bagger erwies sich zwar ganz brauchbar, aber die Vertiefung des Fahrwassers erfolgte dennoch bei der grofsen Ausdehnung desselben nur sehr langsam, und die vertieften Stellen verflachten sich wieder so schnell, dafs das Aufkommen der Schiffe auf das frühere Maafs beschränkt blieb.

Die Tiefe des See-Gatts war sehr veränderlich, da aber die Erfahrung bereits gezeigt hatte, dafs sie nach Verlängerung der Mole sich vergröfserte, so wurde die Aufmerksamkeit wieder auf die weitere Ausdehnung dieses Baues gerichtet. Das Gatt, das 1823 noch 15 Fufs tief gewesen war, hatte sich bald wieder verflacht, so dafs seine Tiefe 1826 nur 10 Fufs mafs. Diese Tiefe erhielt sich mit einigen Veränderungen mehrere Jahre hindurch. Im April 1829 trat bei einem Sturm aus West-Nordwest plötzlich eine sehr starke Verflachung ein. Am 5. April war die Tiefe noch 12 Fufs gemessen worden, am 13. betrug dieselbe nur 9 Fufs 9 Zoll, am 14. 9 Fufs 3 Zoll, am 15. 8 Fufs 3 Zoll und am 16. sogar nur 7 Fufs 9 Zoll. Am folgenden Tage nahm dieselbe schon wieder etwas zu, die hierdurch veranlafsten Uebelstände waren so grofs, dafs augenblicklich Hülfe

Digitized by Google

geschafft werden mufste. Durch Baggern war dieses nicht thunlich, denn einen Dampfbagger gab es damals noch nicht in Pillau, und eben so wenig ein Dampfboot, mit welchem der schwerfällige Pferdebagger nebst den Prahmen hinaus-, und, sobald es nöthig war, wieder hätte hereingebracht werden können. Es blieb also nur übrig, das Auflockern des Grundes wieder zu versuchen, das auch in diesem Fall von Erfolg war, so lange der starke ausgehende Strom den gelösten Sand fortführte. Die Rinne, in welcher der Rechen arbeitete, nahm die Tiefe von 11 Fufs an.*) Am Schlufs des Jahrs hatte diese sich noch um 1 Fufs vergröfsert.

Dieses Mittel liefs indessen keinen dauernden Erfolg erwarten, einen solchen durfte man sich nur von der Fortsetzung der Mole versprechen, und über diese waren bereits seit mehreren Jahren Verhandlungen eingeleitet. Die 1821 ausgeführte Verlängerung hatte augenscheinlich eine überflüssige Breite erhalten, da sie gar keinem Angriff ausgesetzt war, der Sand sich vielmehr sehr bald zu beiden Seiten, und sogar vor dem Kopfe ablagerte, wie Fig. 143 zeigt. Aufserdem überzeugte man sich, dafs der Bau, wenn er unter Beibehaltung des vorgeschriebenen Profils fortgesetzt werden sollte, so kostbar sein würde, dafs er mit Rücksicht auf die Hafengelder nur sehr langsam vorschreiten konnte. Man verfolgte aber damals noch die frühere Absicht, ihn in der Richtung und Ausdehnung zur Ausführung zu bringen, die in punktirten Linien angedeutet ist. Dabei hätte das Tief eine sehr symmetrische Figur angenommen und sich bis auf 100 Ruthen verengt, im äufsern Theil aber wieder etwas erweitert. Die Richtung der von der Nehrungsspitze ausgehenden Mole war wohl nur der Symmetrie wegen gewählt worden, indem dieselbe der rechtseitigen oder nördlichen Begrenzung entsprach. Nichts desto weniger ist die Aehnlichkeit dieser Form mit derjenigen von solchen Ansatzröhren, die bei gleicher Oeffnung die gröfsten Wassermengen abführen, nicht zu verkennen. Indem man aber die in kleinen Röhren beobachteten Erscheinungen auch auf grofse freie Wasserläufe, wie auf Freiarchen, Brücken u. dgl. übertragen

*) Im II. Theil dieses Handbuchs § 50 ist dieser Versuch näher beschrieben.

Digitized by Google

hat, so ist es nicht unmöglich, dafs auch diesem Project eine solche Absicht zu Grunde lag.

Mit Rücksicht auf die zu erwartende Verlandung wurde schon 1827 genehmigt, das Profil der Mole bei der nächsten Fortsetzung so zu vermindern, dafs die Breite in der Höhe des mittlern Wasserstandes nur 30 Fufs betragen dürfe. Zugleich wurden in Betreff der Ausführung sehr specielle Vorschriften gegeben und in den nächsten Jahren noch vervollständigt. Im Jahr 1829, also vor dem Beginn des Baues, wurde das Bedenken aufgestellt, dafs die beabsichtigte Verengung des Tiefs bis auf 100 Ruthen möglicher Weise zu grofs angenommen sei, indem dadurch die Strömung so verstärkt werden könnte, dafs die Schiffahrt zeitweise behindert würde. Es wurde indessen bestimmt, der Bau solle nach Maafsgabe der an der Nehrung eintretenden Verlandungen fortgesetzt, und die der Mole ferner zu gebende Richtung von den inzwischen gesammelten Erfahrungen abhängig gemacht werden. Hierbei zeigte sich schon ein wesentlicher Unterschied zwischen den bei Pillau und bei Swinemünde befolgten Methoden. Bei Swinemünde war das vollständige Bau-Project vorher festgestellt, und indem die Kosten aus Staatsfonds bestritten wurden, so konnte der ganze Bau in wenig Jahren beendigt werden. Der Erbauer des Swinemünder Hafens sah dieses als eine Hauptbedingung des Gelingens an. Bei Pillau dagegen mufste man auf die schnelle Beendigung des Baues verzichten, weil diese von dem Ertrage der Hafengelder abhing. Aufserdem aber wurde hier die Sandablagerung vorlängs der Nehrungsspitze durch Bepflanzen mit Dünengras möglichst befördert. Man betrachtete dieses Vorrücken des Strandes als eine sehr günstige Erscheinung, in sofern die hier aufgefangenen Massen nicht mehr das See-Gatt bedrohten. Die Jahresberichte enthalten die speciellen Angaben über die Ausdehnung der neu gewonnenen und bepflanzten Flächen. Bei den nächsten Verlängerungen der Mole rückte der Strand auch immer in gleichem Maafse vor, der Küstenstrom wurde daher durch die damaligen Bauten gar nicht abgelenkt.

Die bereits erwähnte sehr starke Verflachung des See-Gatts im Anfange des Jahrs 1829 war Veranlassung, dafs endlich im folgenden Jahr der Molenbau wieder aufgenommen und 43 Ruthen weit fortgesetzt wurde. Die Verlängerung betrug jedoch in der

Digitized by Google

Höhe des mittlern Wasserstandes nur 37 Ruthen, und die folgenden 6 Ruthen waren nicht bis über Wasser, sondern nur aus den gehörig beschwerten Senkstücken aufgeführt, welche durch die flache Dossirung den Kopf schützen und dadurch den Weiterbau erleichtern sollten.

Im Anfange des Jahrs 1831 wurde bestimmt, dafs von einer weitern Beschränkung des Tiefs Abstand genommen und die Mole von ihrem dermaligen Endpunkte ab parallel zum gegenüber liegenden Ufer gebaut werden solle. Hiernach wurde unter Beibehaltung des letzten Querprofils die Richtung geändert und in demselben Jahr die Mole 61 Ruthen weiter hinausgeführt. 1832 erfolgte die Verlängerung um 51 Ruthen, wobei jedoch die letzten 30 Ruthen wegen der gröfsern Tiefe ein stärkeres Profil, nämlich von 40 Fufs Breite in der Höhe des mittlern Wasserstandes erhielten. In gleicher Weise sollte im folgenden Jahr wieder eine Verlängerung um 50 Ruthen statt finden, doch kam diese nur zum kleinsten Theil, oder vielleicht gar nicht zur Ausführung. 1835 wurde dagegen die Mole um 19 Ruthen verlängert.

Die vorstehend bezeichneten jährlichen Verlängerungen, welche die in den Situationsplan Fig. 147 auf Taf. XXXII eingeschriebenen Jahreszahlen andeuten, sind aus den Hafencharten entnommen. Die Angaben in den betreffenden Berichten weichen aber mehrfach hiervon ab. Dieses erklärt sich vielleicht dadurch, dafs die Köpfe, wenn sie während des Winters stark beschädigt waren, zweimal in Rechnung gestellt wurden. Derjenige Theil der Mole, der sich der Richtung des schon im vorigen Jahrhundert ausgeführten Uferwerks anschliefst, soweit er die geringere Breite von 30 Fufs hat, ist 37 Ruthen lang. Der in der veränderten Richtung fortgeführte Theil von derselben Breite ist $76\frac{1}{2}$, und der 40 Fufs breite Theil, der sich hieran anschliefst, 52 Ruthen lang.

Während der Zeit, in welcher die Mole so bedeutend verlängert wurde, war keine Vertiefung des See-Gatts bemerkbar. Die Tiefe verminderte sich sogar 1831 von 12 auf 10 Fufs, und mit geringen Veränderungen behielt sie das letzte Maafs bis Ende 1834 bei. In den Jahren 1835 und 1836 nahm sie zwar auf 11, und zu Zeiten sogar auf 12 Fufs zu, später verminderte sie sich aber wieder, und war bis Ende 1840 nur 10 bis 11 Fufs.

Digitized by Google

Nichts desto weniger sah man einen Erfolg des Baues darin, dafs das See-Gatt in dieser Zeit dauernd dieselbe Richtung beibehielt, auch glaubte man einen günstigen Erfolg erreicht zu haben, indem auf der westlichen Seite der Nehrungsspitze immer neue Sandmassen ablagerten, die, wenn sie in das See-Gatt getrieben und darin liegen geblieben wären, dasselbe unfehlbar vollständig gesperrt haben würden. Ohne Zweifel waren dieselben aber auch schon früher in gleichem Maafse durch die Küstenströmung vorübergeführt, ohne das See-Gatt anzufüllen.

Obwohl man von den Molenbau noch sehr günstige Erfolge erwartete, so wurde dennoch schon in dieser Zeit darauf Bedacht genommen, noch in andrer Weise auf die Vertiefung des See-Gatts hinzuwirken. Im Jahr 1833 versuchte man dieses durch Baggern. Der Englische Ballast-Bagger und andre Fahrzeuge mit ähnlichen Einrichtungen wurden Ende April ausgerüstet und auf der flachsten Stelle des Gatts in Thätigkeit gesetzt. Wenige Tage später folgte auch der Pferdebagger, der, so oft die Witterung es erlaubte, bis Ende Juni daselbst beschäftigt wurde. Man glaubte einen bedeutenden Erfolg hierdurch erreicht zu haben, der nicht sowohl in der Vertiefung, als in der Verbreitung des Fahrwassers sich zu erkennen gab. Letzteres hatte durch diese Arbeiten eine sehr gerade Richtung und eine Breite von 10 Ruthen gewonnen.

Im Jahr 1835 war der erste brauchbare Dampfbagger fertig. Derselbe wurde zunächst in der Mündung des Pregels beschäftigt, im September aber nach Pillau gebracht, woselbst seine Leistungen jedoch nicht besonders günstig ausfielen. Seit dieser Zeit, und namentlich nachdem ein zweiter Dampfbagger angeschafft war, wurde derselbe vielfach im See-Gatt benutzt. Dieses geschah 1839, 1842 und von 1844 bis 1854 in jedem Jahre. Besonders in dieser letzten Periode, wo das See-Gatt sich gut ausbildete und ohne wesentliche Verflachung sich auch dauernd erhielt, bemühte man sich, die Tiefe von gegen 15 Fufs immer durch Baggern wieder darzustellen, wenn sie zufällig sich vermindert hatte.

Es leidet keinen Zweifel, dafs die Bagger-Arbeiten im See-Gatt von Erfolg gewesen sind, obwohl die Vertiefung, die zuerst 1841 eintrat und mit einzelnen Unterbrechungen sich dauernd

Digitized by Google

erhielt, noch andern Umständen zugeschrieben werden mufs. Die mäfsigen Sandmassen, die vom Bagger gehoben und beseitigt werden, können freilich vergleichungsweise gegen diejenigen, welche hier ein Spiel der Wellen sind, nicht in Betracht kommen, und der Versuch, ein tieferes Fahrwasser durch Baggern darzustellen und zu erhalten, würde gewifs vergeblich sein, wenn die verstärkte Strömung denselben nicht unterstützt hätte. Die Barre besteht in einem ziemlich schmalen Rücken, in den der ausgehende Strom die etwas tiefere Rinne, oder das See-Gatt, einschneidet. Die gröfsere Tiefe veranlafst aber, dafs der Strom sich hier concentrirt und verstärkt, also die zufälligen Ablagerungen in gewissem Grade verhindert oder auch beseitigt werden. Wenn man daher die Barre an einer Stelle durchbaggert, die vom ausgehenden Strom besonders getroffen wird, so nimmt diese Rinne den Strom vollständiger auf, und in Folge dessen bleibt sie nicht nur frei von Ablagerungen, so lange dieselben Verhältnisse dauern, sondern sie verbreitet und vertieft sich auch so sehr, dafs, wenn bei westlichen und besonders nordwestlichen Winden der ausgehende Strom aufhört und die antreibenden Sandmassen sich in ihr ablagern, dennoch ihr Profil nur theilweise geschlossen wird und sie später durch die Strömung sich aufs Neue aufräumt.

Von viel gröfserem Einflufs auf die Vertiefung des See-Gatts war indessen unbedingt eine andre Anlage, nämlich die Norder-Mole. Dafs man zunächst die Spitze der frischen Nehrung sicherte, um eine weitere Verbreitung des Tiefs zu verhindern und die Strömungen aus dem Königsberger und dem Elbinger Haff möglichst zu vereinigen, war gewifs gerechtfertigt. Die günstigen Veränderungen des See-Gatts, die wenigstens Anfangs nach den kurzen Verlängerungen der Süder-Mole sich einstellten und eine Folge derselben zu sein schienen, erweckten die Hoffnung, dafs hierdurch die gewünschte Verbesserung des Fahrwassers sich werde erreichen lassen. Hieraus erklärt es sich, dafs man zunächst die Süder-Mole eben so weit, wie das nördliche Ufer des Tiefs hinauszuführen gedachte, doch war ein solcher Plan wohl nie endgültig gefafst, weil es an den nöthigen Geldmitteln fehlte, um einen grofsartigen Bau in wenig Jahren zur Ausführung zu bringen. Die Mole konnte daher nur langsam fortgeführt werden, und so war Gelegenheit geboten, die während

Digitized by Google

des Baues gemachten Erfahrungen bei der spätern Fortsetzung des Werks zu benutzen. In dieser Weise war die Ausführung begonnen und mehrere Jahre hindurch fortgeführt, ohne dafs man wufste, ob und in welcher Weise auch eine Norder-Mole erbaut werden solle.

Es unterlag keinem Zweifel, dafs die Küstenströmung, welche sehr grofse Sandmassen herbeiführt, bei ruhiger Witterung von Süden nach Norden gerichtet ist. Diese Strömung nimmt aber bei starken nördlichen und nordwestlichen Winden eine entgegengesetzte Richtung an. Aus der nähern Untersuchung des nördlichen Ufers, das bis Brüsterort im Abbruch liegt und meist aus Thonboden besteht, liefs sich vermuthen, dafs diese südwärts gerichtete Strömung vergleichungsweise gegen die nördliche, welche den Strand der Nehrung verfolgt, nur wenig Sand herbeiführt. Um das Eintreten des letztern in das See-Gatt zu verhindern, war der Bau der weit vortretenden Süder-Mole gewifs angemessen. Dieselbe erfüllte auch diesen Zweck.

Indem jedoch die letzten Verlängerungen der Süder-Mole keinen Einflufs auf die Vertiefung des See-Gatts hatten, so schlug der damalige Hafenbauinspector Fischer 1834 vor, nunmehr eine weit vortretende Norder-Mole zu erbauen. Er motivirte diesen Antrag dadurch, dafs das See-Gatt besonders bei nordwestlichen Stürmen verflacht werde, und folglich die schädlichen Sandmassen nicht von Süden, sondern von Norden herbeigeführt würden.

Der letzten Schlufsfolge widersprachen die an der Süder-Mole gemachten Erfahrungen, und die bei Nordwest-Stürmen bemerkten Verflachungen erklärten sich wohl durch den alsdann eintretenden besonders heftigen Wellenschlag, wobei zugleich die Ausströmung ganz aufhört. Nichts desto weniger sprach ein andrer Grund für den Bau einer längeren Norder-Mole. Sobald nämlich unter gewöhnlichen Verhältnissen der ausgehende Strom aus dem Tief trat, so nahm er keineswegs die Richtung nach dem See-Gatt an, sondern wandte sich sogleich nordwärts und der allgemeinen Küstenströmung entsprechend war er noch meilenweit vor dem Ufer zu bemerken. In Neuhäuser, wo schon damals einige Badegäste sich aufzuhalten pflegten, wurde darüber geklagt, dafs sie nicht Seewasser, sondern nur das süfse und oft stark verunreinigte Haffwasser hätten. Der ausgehende Strom

Digitized by Google

konnte sonach, wenn er nicht etwa besonders stark war, auf die Offenerhaltung oder weitere Vertiefung des See-Gatts nicht einwirken, und in dieser Beziehung empfahl sich allerdings die Norder-Mole.

Nichts desto weniger wurde dieser Vorschlag damals noch nicht genehmigt, vielmehr im folgenden Jahre die Süder-Mole noch etwas verlängert, und später in der vorgeschriebenen Art profilirt und abgepflastert, aufserdem aber noch an der äufsern Seite mit buhnenartig vortretenden kurzen Köpfen versehn, die 20 Ruthen von einander entfernt waren, und die Vertiefung unmittelbar neben der Mole selbst verhindern sollten.

Im Jahre 1838 wiederholte Fischer seinen Vorschlag in Betreff der Norder-Mole und wies zugleich darauf hin, dafs in dem Tief selbst Veränderungen eingetreten seien, welche auf eine unregelmäfsige und der Schiffahrt nachtheilige Ausbildung des Stromschlauchs schliefsen liefsen. Es zeigten sich nämlich sehr starke Sandablagerungen vor dem nördlichen Ufer des Tiefs, die selbst vor dem Lootsenhafen bei *D* (Fig. 143) eine solche Höhe annahmen, dafs sie das Ausgehn der darin liegenden Böte erschwerten. Auch die Schiffe, die an dem hohen Bohlwerk Segel machten, waren bei südlichen Winden der Gefahr ausgesetzt, auf diese Bänke zu treiben. Im folgenden Jahr lag weiter westlich am nördlichen Ufer sogar ein grofses Sandfeld trocken. Dasselbe trat der Kirche gegenüber vor die Steinböschung, und erstreckte sich nahe bis gegen den Punkt *U*, von wo ab es sich nach Norden hinzog. In der Mitte mafs seine Breite beinahe 20 Ruthen. An der westlichen Seite, also vor *U*, war es in sehr gerader Richtung und ziemlich steil abgeschnitten, und nordwärts des erwähnten Punktes zeigte sich in der alten Sandablagerung ein starker Einrifs. Diese Erscheinungen zeigten, dafs selbst eine stärkere Strömung nicht mehr das Tief in seiner Richtung verfolgte, sondern es vielmehr kreuzte, indem sie von der Ecke *A* auf der Nehrung sich nach *U* am Ende der Steinböschung auf dem nördlichen Ufer wandte. Die Sandbank, welche 1828, wie Fig. 143 zeigt, vor der Süder-Mole gelegen hatte, war inzwischen vollständig verschwunden.

Hiernach wurde 1839 der Bau der Norder-Mole höhern Orts genehmigt, und derselbe in der Richtung, die Fig. 147 auf

Digitized by Google

Taf. XXXII zeigt, im Jahre 1840 auf 120 Ruthen Länge ausgeführt. Indem man aber in kurzer Zeit eine starke Verlandung erwartete, auch die Tiefen in dieser ganzen Linie nicht bedeutend waren, so wählte man nur schwache Profile, so dafs die Breite Anfangs nicht mehr als 24 Fufs betrug, die aber gegen das Ende bis auf 36 Fufs zunahm.

Die gehegten Erwartungen gingen bei diesem Bau sogleich in Erfüllung. Am Schlufs des Jahrs 1840 hatte die Tiefe des See-Gatts von 10 bis auf 12 Fufs zugenommen, und nach Verlauf des nächsten Winters war das Norder-Ufer auf 30 Ruthen Länge neben der neuen Mole weiter hinausgetreten. Diese sehr günstigen Umstände ermuthigten zur schleunigen Fortsetzung des Baues, und diese war um so leichter, als in der Richtung desselben eine flache Sandbank sich abgelagert hatte. 1841 verlängerte man die Mole um 145 Ruthen, und zwar gab man ihr in der Höhe des Wasserspiegels nunmehr nur die Breite von 20 Fufs, während man an ihrem Ende die Senkstücke soweit vortreten liefs, dafs daselbst ein flach dossirter kreisförmiger Kopf von 40 Fufs Durchmesser gebildet werden konnte. In der Situations-Zeichnung Fig. 147 ist der äufsere Theil dieser Mole nur in punktirten Linien angegeben, da derselbe bald vollständig zerstört wurde und versank.

Der ganze Bau war hiernach überaus schwach. Er wurde aber in den folgenden Jahren verstärkt, und namentlich gab man ihm auf der Stromseite eine dreifüfsige Böschung. Auch den Kopf verbreitete man so, dafs dieser nunmehr 60 Fufs im Durchmesser hielt. Die Wirkungen waren augenscheinlich sehr günstig. Das See-Gatt nahm bald die Tiefe von 13 bis 15 Fufs an, und diese hat sich, wenn auch zeitweise noch starke Verflachungen eintraten, doch im Allgemeinen ungefähr erhalten. Indem aber nur mäfsige Tiefen überbaut waren, so stellten sich die Kosten vergleichungsweise gegen die der Süder-Mole sehr gering heraus. Sie betrugen, abgesehen davon, dafs ein Theil der regelmäfsigen Abpflasterung noch fehlte, 376 Thlr. für die laufende Ruthe, während auf der Nehrungsseite dafür durchschnittlich 1000 Thlr. ausgegeben waren.

Ohnerachtet der wesentlichen Verbesserung des See-Gatts wurde dennoch die Verlängerung der Süder-Mole wieder

Digitized by Google

aufgenommen, und sogar die Ansicht ausgesprochen, dafs die Molenbauten nur als beendigt angesehn werden dürften, wenn das Tief bis über die Barre hinaus auf beiden Seiten durch Dämme eingefafst sein würde. In der Richtung der Süder-Mole fanden sich grofse Tiefen vor, deren Durchbauung theils die Kosten sehr vermehrt, theils auch die Ausführung verzögert haben würde. Es ergab sich, dafs man selbst bei sehr schwachen Profilen etwa 10 000 Thlr. ersparen könne, wenn man statt die gerade Richtung zu verfolgen, eine Bucht darstellte und die grofse Tiefe umging. Dabei wurde noch die Aussicht eröffnet, dafs diese Bucht unter Umständen als Sicherheitshafen von Wichtigkeit sein könne. Falls aber, wie zu erwarten stand, hier eine starke Verflachung eintrat, so konnte später mit mäfsigen Kosten die Mole in gerader Richtung hindurchgeführt werden. Im Jahr 1843 erfolgte in dieser Weise die Verlängerung der Süder-Mole um 111 Ruthen.

In den folgenden Jahren traten manche Beschädigungen ein. 1844 wurde der äufsere Theil der Norder-Mole, und zwar auf 44 Ruthen Länge in der Art zerstört, dafs die Steine bis unter den mittleren Wasserstand herabsanken. Es wurde damals beschlossen, die Wiederherstellung nicht in der ganzen Länge vorzunehmen, vielmehr die äufsern 10 Ruthen des Werks zur Bildung einer sehr flachen Dossirung vor dem Kopf zu benutzen.

Dieser Kopf erfuhr indessen während eines heftigen Nordsturms am 18. Februar 1846 aufs Neue eine starke Beschädigung. Die ersten Nachrichten besagten, eine Eisscholle von solchen Dimensionen, dafs man ihre äufseren Grenzen nicht habe absehn können, und die mindestens mehrere Quadratmeilen grofs gewesen, sei wahrscheinlich vom Bothnischen Meerbusen aus angetrieben, und indem sie den Norder-Molenkopf getroffen, habe sie denselben gedreht, so dafs er jetzt nahe nach Westen gekehrt sei. Eine nähere Untersuchung zeigte bald, wie vorherzusehn war, das Irrige dieser Auffassung. Die Steine waren gegen Westen, zum geringern Theil auch nach der andern Seite oder nach Norden geworfen, und diese Erscheinung stimmt mit andern Erfahrungen genau überein. Letztere sind, soweit sie in Irland gesammelt sind, § 40 angeführt, sie wiederholen sich auch in geringerm Maafse in unsern Ostsee-Häfen, sind aber nur die Folge des

Digitized by Google

heftigen Wellenschlags, der eine flache Steinböschung trifft. Das Eis mag die Lösung der Steine befördert haben, aber auch ohne dieses würde der Erfolg kein andrer gewesen sein. Von einem Drehn und Verschieben des Baues, ohne die Steine und Senkstücke von einander zu trennen, kann nicht die Rede sein, auch ist es unmöglich, dafs so grofse Eisschollen, ohne dafs sie zerbrechen, während eines Sturms aus weiten Entfernungen herschwimmen. Bei den übermäfsig hohen Eisbergen, die aus den Gletschern der Polarzone sich lösen, und dem kalten Strom folgend in dem Atlantischen Ocean südwärts treiben, ist das Verhältnifs ein ganz andres, indem sie wegen ihrer Dicke nicht so leicht zerbrochen werden. Die Erscheinung vor Pillau war neu, weil man noch niemals in der Nähe des tiefen Wassers die Wirkung eines heftigen Wellenschlags beobachtet hatte, und man suchte daher nach einer andern Erklärung und fingirte jene zusammenhängende grofse Eisscholle. Wenige Jahre später bemerkte man auch, dafs ein Stein von 40 Cubikfufs, der den Mittelpunkt des Kopfes der Norder-Mole gebildet hatte, nur durch die Wellen 10 Ruthen weit fortgetrieben wurde.

1846 wurde die Süder-Mole noch etwas verlängert, seit dieser Zeit beschränkte man sich aber darauf, die Werke zu erhalten, und so oft sie beschädigt wurden, sie wiederherzustellen und zu verstärken, wobei die Lage der Köpfe sich mehrfach änderte und bald etwas herausgerückt, bald aber auch eingezogen wurde. Die Norder-Mole, die sich als zu schwach ergab, wurde in den Jahren 1850 bis 1853 noch wesentlich verstärkt und verbreitet. Die regelmäfsige Abpflasterung beider Molen setzte man auch fort, doch ergab die Erfahrung, dafs hierdurch die Beschädigungen keineswegs verhindert werden konnten.

Von der äufsersten Wichtigkeit war die Vertiefung des See-Gatts, die im April des Jahrs 1855 eintrat. In wenig Tagen nahm die Tiefe von 15 Fufs bis zu der noch nie gewesenen Tiefe von 22 Fufs zu. In der Situationszeichnung Fig 147 sind die Tiefenmessungen von 1854 und 1855 zusammengestellt. Es ergiebt sich daraus, dafs der ausgehende Strom zwischen den beiderseitigen Molen schon 1854 ein regelmäfsiges Bette sich gebildet hatte, dafs dieses aber in der Zwischenzeit nicht nur im eigentlichen See-Gatt, also auf der Barre, sondern schon im Tief und

Digitized by Google

von hier bis zur offnen See sich bedeutend vertiefte und erweiterte. Es mufste also eine sehr starke Ausströmung eingetreten sein. Dieses war in der That der Fall, und zwar hatte ein Ereignifs in weiter Entfernung dazu Veranlassung gegeben. Es dürfte sich rechtfertigen, hierüber einige Mittheilungen zu machen, woraus sich namentlich ergeben wird, dafs man auf ein für den Pillauer Hafen so günstiges Ereignifs in Zukunft nicht mehr hoffen darf, und es sonach dringend geboten ist, für die Sicherung der damals gewonnenen Tiefe möglichst zu sorgen.

Beim Bau der Ostbahn, die zunächst von Berlin nach Königsberg geführt wurde, mufste die Weichsel und die Nogat überbrückt werden. Die Nogat führte bisher unter gewöhnlichen Verhältnissen nur den kleinsten Theil des Wassers der ungetheilten Weichsel ab. Sie schwoll dagegen bei hohen Fluthen, und namentlich während des Eisgangs sehr stark an, und wenn zufällig in der Weichsel Eisversetzungen vorkamen, so nahm sie den gröfsten Theil des Wassers auf. Beide Arme bedurften der Regulirung, und es war eine gehörige Vertheilung des Wassers zwischen ihnen einzuführen, damit sie in angemessner Weise im Schiffahrts- und Vorfluths-Interesse verbessert würden. Es durfte nicht mehr dem Zufall überlassen bleiben, ob das Hochwasser durch diesen oder jenen Arm sich ergofs, weil in solchem Fall beide sehr grofse Profile behalten mufsten, um dieses abzuführen. Zur Entscheidung über diese Fragen wurde eine selbstständige Commission gebildet, die mit Umgehung der damals noch bestehenden Ober-Baudeputation beschlofs, dafs die obere Mündung der Nogat, die nahe in der Richtung der ungetheilten Weichsel lag, wasserfrei abgeschlossen, und nach einem Princip, welches vielfach ausgesprochen war, aber wohl nur selten Anwendung gefunden hatte, die Nogat eine neue Mündung erhalten sollte, die beinahe rechtwinklig von der Weichsel abging. Die scharfe Krümmung, die das Wasser verfolgen mufste, wenn es hier eintrat, sollte den Hauptstrom verhindern, diesem Nebenarm zu folgen, der überdiefs im obern Theil so beschränkt wurde, dafs er zur Abführung grofser Wassermassen nicht genügte.

Diese Arbeiten zur Darstellung der neuen Mündung der Nogat waren 1854 beendigt. Im nächsten Frühjahr trat ein sehr be-

Digitized by Google

denklicher Eisgang ein. In den letzten Tagen des März kam das Eis in Bewegung. Die grofsen Schollen folgten der Richtung, in der sie herabgekommen waren, schwammen also an der Nogatmündung vorbei, während beim steigenden Wasser ein sehr starkes Gefälle in dieser Mündung sich bildete, indem das weite Bette der Nogat die durch den schmalen Canal zufliefsende Wassermenge ohne starke Anschwellung leicht abführte. Es entstand also eine kräftige, wenn auch sehr unregelmäfsige Seitenströmung, wodurch der Strom in der Weichsel sich schwächte. Die schnell antreibenden Eisschollen konnten hiernach nicht in gleicher Weise weiter geführt werden, sammelten sich daher an, und bald entstand eine gefährliche Eisstopfung in der Weichsel. Mit der Anschwellung des Wassers verstärkte sich die Durchströmung des Canals. Von der über denselben erbauten Laufbrücke wurden mehrere Pfeiler zerstört, aufserdem brachen auch die Seiten-Böschungen ein, und indem bei Piekel die Ufer der Weichsel in weiter Ausdehnung fortgespült wurden, erhielt der neue Seitenlauf eine etwas günstigere Mündung, und schliefslich ergofs sich der stark angeschwollene Strom ganz in die Nogat, und durch diese in das Frische Haff und durch das Pillauer Tief in die Ostsee.

An der Montauer Spitze, unterhalb des Trennungspunkts, sind zwei Pegel angebracht, deren Nullpunkte in gleicher Höhe liegen, und von denen der eine den Wasserstand der Nogat, der andre aber den der Weichsel angiebt. Bei offnen Hochwassern hat nach diesen Pegeln die Weichsel gewöhnlich einen um 1 bis 2 Fufs höhern Stand, als die Nogat, weil letztere weiter abwärts in ein weites und offnes Profil übergeht, während ihre Einmündung schon durch frühere Anlagen beschränkt war, um der Weichsel bis zum Hafen Neufahrwasser genügenden Zufluſs und Fahrtiefe zu geben. In dieser Zeit ereignete es sich, dafs nach den erwähnten Zerstörungen der Abfluſs nach der Nogat so stark wurde, dafs der Wasserstand in der Weichsel unterhalb jener Eisversetzungen sich niedriger herausstellte. Die Zerstörungen in dem Zuleitungs-Canal begannen schon den 27. März, nahmen aber mehrere Tage hindurch an Ausdehnung zu. Die Anschwellungen ergaben sich aus den Pegel-Beobachtungen folgendermaafsen:

Digitized by Google

			Wasserstände in der Nogat.		Weichsel.	
1.	März	1855	9′	1″	13′	10″
10.	-	-	8′	8″	13′	4″
20.	-	-	12′	3″	18′	8″
27.	-	-	12′	3″	19′	8″
28.	-	-	17′	3″	22′	6″
29.	-	-	25′	8″	23′	7″
30.	-	-	26′	0″	23′	6″
31.	-	-	24′	11″	22′	4″
1.	April	1855	22′	9″	19′	7″
5.	-	-	17′	5″	14′	9″
10.	-	-	16′	3″	13′	11″
15.	-	-	15′	2″	13′	4″
20.	-	-	13′	0″	11′	9″
25.	-	-	10′	9″	9′	9″
30.	-	-	8′	11″	7′	11″

Der Pegel am Lootsen- oder Hafen-Haus, ohnfern der Mündung des Elbing-Flusses, markirt den Wasserstand in dem südlichen Theil des Elbinger Haffs. In demselben traten in dieser Zeit sehr vielfache Wechsel ein, und auffallender Weise wurden hier starke westliche Winde und sogar Stürme notirt, während gleichzeitig in Pillau nur schwache Ostwinde herrschten. Am 20. und 26. März, wie auch am 12. April stieg das Wasser $2\frac{1}{4}$ Fuſs über den mittleren Stand, indem es die Höhe von 9 Fuſs 10 Zoll erreichte. In den Zwischenzeiten sank es um 1 bis 2 Fuſs.

In Pillau behielt das Wasser in der zweiten Hälfte des Monats März sehr nahe den mittleren Stand, indem bis zum 30. März der Pegel 7 Fuſs 6 Zoll markirte. Am 31. März zeigte derselbe 8 Fuſs 6 Zoll, und am 1. und 2. April 8 Fuſs 11 Zoll. Später sank das Wasser langsam, und erreichte am 7. April den Stand von 7 Fuſs 9 Zoll. Das plötzliche und sehr starke Steigen war aber nicht durch Anschwellen der See veranlaſst, denn vom 28. März bis zum 16. April wurde ausgehender Strom beobachtet, auch war in dieser Zeit der Wind vorherrschend östlich, wenn er auch zu Zeiten, ohne besonders stark zu werden, sich nach Norden wandte. Die Vertiefung des See-Gatts erfolgte zwischen dem 11. und 13. April, da jedoch immer nur die geringste Tiefe im Fahrwasser, also die gröſste Erhebung des noch bestehenden

Digitized by Google

Rückens von den Lootsen gemessen und notirt wird, so hatte die Vertiefung ohne Zweifel schon früher begonnen, und erst bei der Peilung am 13. April fand man den hohen Rücken vollständig durchbrochen. Es mögen nachstehend die in dieser Zeit gemessenen Tiefen, auf den mittleren Wasserstand von 7 Fufs 8 Zoll übertragen, mitgetheilt werden. Solche Messungen werden nicht täglich, sondern nur, wenn man Aenderungen vermuthet und wenn die See sich hinreichend abgestillt hat, gemacht. Die Tiefe des See-Gatts betrug

am	14.	März	15′ 2″
-	11.	April	14′ 8″
-	13.	-	22′ 4″
-	20.	-	22′ 6″
-	25.	-	21′ 4″
-	3.	Mai	21′ 8″
-	12.	-	22′ 3″

Diese, während der starken Ausströmung eingetretene wesentliche Verbesserung des See-Gatts kann nicht befremden, wenn man beachtet, dafs der hohe Wasserstand bei Pillau von der Anfüllung des Haffs aus dem Binnenlande herrührte, also der Spiegel der See daran nicht Theil nahm. Der Pegel steht in dem kleinen Lootsenhafen neben dem Leuchtthurm, das Gefälle bildete sich also in der kurzen Strecke von hier bis jenseits der Barre, oder etwa auf 600 Ruthen Länge. Man darf annehmen, dafs es damals etwa 2 Fufs betrug. Bei der mittleren Tiefe des Stromschlauchs von 20 Fufs bildete sich alsdann eine Geschwindigkeit von nahe 7 Fufs, und indem diese in der vollen Stärke 2 Tage hindurch anhielt, und zwar bei ruhiger Witterung, während die Nogat die ganze Wassermasse der Weichsel dauernd in das Haff ergofs, so erklärte es sich, wie das See-Gatt sich so schnell und so bedeutend vertiefen konnte. Aehnliche Verbesserungen stehn aber in Zukunft nicht in Aussicht, denn die Coupirungen an der obern Mündung der Nogat sind nunmehr so gesichert, und unterstützen sich gegenseitig auch so vollständig, dafs ein nochmaliger Durchbruch nicht zu erwarten ist. Durch Regulirung der Weichsel bemüht man sich aufserdem, einem ähnlichen Ereignifs vorzubeugen, und bei der nunmehr eingetretenen Vertheilung des Hochwassers der Weichsel mufs man sogar erwarten, dafs dem Haff,

Digitized by Google

und sonach dem Tief bei Pillau aus der Nogat nicht so viel Wasser, wie in früherer Zeit bei gewöhnlichen Frühjahrs-Anschwellungen zufliefsen wird. Es ist sogar vorgeschlagen, im Interesse der sehr niedrigen Polder neben der Nogat, den Zufluſs in diese aus der Weichsel vollständig und wasserfrei zu schliefsen, was für die Erhaltung des Pillauer Hafens gewifs höchst bedenklich wäre.

Um so dringender ist es, für die möglichste Sicherung des See-Gatts zu sorgen. Dafs die Tiefe desselben seit dem Monat April 1855 sich langsam vermindert, ergeben augenscheinlich die spätern Messungen. An vielfachen Beschädigungen der Molen fehlte es auch nicht. Bei dem heftigen Sturm in der Nacht vom 22. auf den 23. December 1863, der an der ganzen Preufsischen Ostsee-Küste grofse Zerstörungen angerichtet hat, litten auch die Molen vor Pillau weit mehr, als dieses bisher geschehen war. In der Norder-Mole wurde die Krone an drei verschiedenen Stellen durchbrochen. Der Kopf der Süder-Mole erlitt auf 8 Ruthen Länge starke Beschädigungen, und aufserdem wurde diese Mole an der Stelle, wo vor ihr die kleine Bucht besteht, die als Hafen benutzt werden sollte, auf 20 Ruthen Länge 3 bis 9 Fufs unter Wasser durchbrochen. Dieser Durchbruch war von der Seeseite aus erfolgt, denn der hindurchtreibende Strom hatte auf der Nordseite des Damms, also im Tief, einen Kolk von 27 Fufs Tiefe eingerissen.

In Betreff des Molenbaues ist noch die Frage von Wichtigkeit, ob die Sandablagerung vor dem Tief, oder die Barre, in welcher das See-Gatt sich befindet, durch die Verlängerung der Molen weiter hinausgeschoben ist, oder ob sie sich noch an derselben Stelle befindet, wo sie früher war.

Die in Fig. 142 mitgetheilte alte Charte von 1623, von der § 50 die Rede war, kann zu solchem Vergleich nicht mit Sicherheit benutzt werden, da sie weder in der Umgebung von Pillau, noch auf der Nehrung einen Festpunkt angiebt, dessen Lage sich noch mit Gewifsheit bestimmen liefse. Aufserdem bezeichnet sie auch nur die innere Begrenzung der Barre, ohne dafs man entnehmen kann, wie weit dieselbe sich seewärts erstreckte. Nichts desto weniger zeigt die Umgrenzung des Tiefs auf der Nord- und Südseite doch eine unverkennbare Aehnlichkeit mit der Aufnahme

Digitized by Google

von 1828 (Fig. 143), die Breite des Tiefs, der Nehrungsspitze gegenüber, stimmt sehr nahe überein, auch tritt diese Spitze in beiden Fällen ungefähr gegen die Mitte des nördlichen Ufers. Die Ausdehnung dieses nördlichen, von Nordwest nach Südost gerichteten Ufers mafs aber 1623 nur 220 Ruthen, während es 1828 etwa 60 Ruthen länger war. Sieht man von dieser Differenz ab und nimmt man aufserdem an, dafs der Rücken der Barre 1623 an der Stelle lag, wo die Charte die beiden flacheren Stellen von 4 und 6 Fufs Tiefe angiebt, so war in dieser Zeit die Barre von der Mitte des Norder-Ufers 370 Ruthen entfernt, wogegen 1828 diese Entfernung 340 Ruthen mafs.

Vergleicht man dagegen die Aufnahme von 1828 mit derjenigen von 1854 und 1855, so ergiebt sich allerdings, dafs in der Zeit, in welcher die sehr bedeutenden Molenbauten zur Ausführung kamen, die flachste Stelle im See-Gatt etwa um 50 Ruthen weiter hinausgerückt ist. In der Zwischenzeit von 1854 bis 1855, also während jene grofse Vertiefung eintrat, ist dagegen die flachste Stelle des See-Gatts wieder etwas zurückgewichen. Zu beiden Seiten des Fahrwassers haben sich indessen die Sandablagerungen weit in die See vorgeschoben, und man darf daher, wenn es sich um die Lage der Barre im Allgemeinen handelt, nicht sowohl diese Stelle, als vielmehr solche betrachten, die mehr seitwärts liegen, und bei Beantwortung der Frage, ob die Barre weiter seewärts herausgerückt ist, kommt es weniger auf die Lage der flachsten Stellen an, namentlich wenn diese verschiedene Tiefen haben, als auf gewisse Tiefenlinien am äufsern Rande der Sandablageruug. Die Aufnahmen sind sämmtlich zu wenig ausgedehnt, als dafs man hierüber sicher entscheiden könnte. Wenn man indessen in der Richtung der Norder-Mole den Abstand der äufsern Drei-Fadenlinie mifst, so ergiebt sich, dafs dieser in den Jahren 1828, 1854 und 1855 sehr nahe unverändert geblieben ist.

Die in neuster Zeit ausgeführten Tiefenmessungen erstrecken sich nur auf die Wasserfläche zwischen den Molen und werden abgebrochen, sobald die flachste Stelle nur eben überschritten ist, oder die Tiefe wieder etwas gröfser wird. Die Lage der Barre läfst sich also keineswegs sicher erkennen. Vergleicht man indessen die Aufnahme von 1877 (Fig. 145. *A* Taf. XXX) mit

Digitized by Google

denjenigen von 1855 (Fig. 147. Taf. XXXII), so scheint der Rücken der Barre sogar um 70 Ruthen zurückgewichen zu sein, und nunmehr schon innerhalb der Ausdehnung der Norder-Mole zu liegen. Letztere hat indessen unbedingt wesentlich auf ihre Umgebungen eingewirkt, woher von diesen nicht auf die Lage der Barre im Allgemeinen geschlossen werden darf.

Wichtig bleibt indessen die Thatsache, dafs die Vergleichung der zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Messungen nicht erkennen läfst, dafs durch die Molenbauten die Barre seewärts weiter hinausgeschoben sei. Die Verhältnisse scheinen also hier eine gewisse Aehnlichkeit mit denen von Calais zu haben. Sowohl vor der Nehrung als auch vor dem nördlichen Ufer liegt die Dreifaden-Linie etwa 120 Ruthen von der Grenze des mittlern Wassers entfernt. Dem Tief gegenüber springt diese Linie aber viel weiter vor, weil hier der Sand sich am stärksten ansammelt. Sobald die Ausströmung bei westlichen Winden aufhört, oder in den eingehenden Strom umsetzt, so wird der auf der Seeseite antreibende Sand, den die Wellen in Bewegung erhalten, hineingetrieben. Wenn aber später wieder Ausströmung statt findet, so führt diese denselben Sand, vorausgesetzt, dafs er nicht etwa bis in das Haff gedrungen ist, wieder zurück, und läfst ihn an der Stelle fallen, wo sie sich mäfsigt, also zur Seite oder aufserhalb des See-Gatts. Fände hier eine so starke Küstenströmung wie in dem Canal zwischen Frankreich und England statt, so würde die vortretende Zunge, so oft sie sich gebildet hat, schnell angegriffen und beseitigt werden. In gewissem Grade geschieht dieses ohne Zweifel auch hier, denn sie ist bei nördlichen, wie bei südlichen Winden vorzugsweise dem Angriff der Wellen ausgesetzt, und die Thatsache, dafs sie im Lauf der Zeit nicht weiter vorrückt, zeigt, dafs der neu hinzukommende Sand nicht liegen bleibt, sondern wirklich dem schwachen Strom folgt und fortgetrieben wird. Es ist in dieser Beziehung ein gewisser Beharrungsstand eingetreten, den die regelmäfsig wiederkehrenden verschiedenen Witterungsverhältnisse bedingen, und die Barre bleibt daher unverändert an ihrer Stelle. Je kräftiger sie aber von dem ausgehenden Strom getroffen wird, um so gröfsere Tiefe nimmt die Rinne in der Barre oder das See-Gatt an.

Was endlich die vielfachen Beschädigungen betrifft, welche

Digitized by Google

die mit flachen Steinböschungen versehenen Molen vor Pillau erlitten haben, die hier sogar stärker, als in den andern Preufsischen Häfen gewesen sind, so erklären sie sich zum Theil dadurch, dafs diese Hafendämme bei westlichen Stürmen, die auf der nördlichen Hemisphäre die heftigsten sind, den vollen Angriff der Wellen erleiden. Neufahrwasser und Swinemünde sind in dieser Beziehung günstiger situirt. Andrerseits haben die Molen vor Pillau vergleichungsweise aber auch nur sehr schwache Profile erhalten. Bei der Swinemünder Ostmole konnten enorme Steinmassen in den Hafen geworfen werden, ohne dafs die Krone vollständig durchbrochen oder bis zum Mittelwasser herabgesunken wäre. Bei Pillau wurde dagegen der Kopf der Norder-Mole so beschädigt, dafs er schon nach wenig Jahren aufgegeben wurde, und obwohl man stets neue Steinmassen aufbrachte, so brach 1863 die Mole an drei Stellen vollständig durch. Es wiederholte sich also hier besonders auffallend die vielfach gemachte Erfahrung, dafs flache Steinböschungen im Wellenschlage ganz unhaltbar sind.

Es ist bereits erwähnt worden, dafs nach dem starken Anwachsen der Untiefen, welche das Tief auf der Haffseite begrenzen, der Hafen zuweilen stark durchströmt wurde, so dafs die darin liegenden Schiffe mit besonderer Vorsicht befestigt werden mufsten, während andrerseits beim Eisgange gröfsere Schollen durch den Hafen trieben und neue Gefahren veranlafsten. Aus diesen Gründen war schon lange der Abschlufs gegen das Haff in Aussicht genommen und 1857 das betreffende Project aufgestellt. Dasselbe veranlafste jedoch fortificatorischerseits grofse Bedenken und die Ausführung wurde erst 1863 unter der Bedingung genehmigt, dafs der Damm sich nicht unmittelbar an den Russischen Damm anschliefsen dürfe, vielmehr eine 2 Ruthen breite und 6 Fufs tiefe Oeffnung dazwischen bleiben solle. In Folge dieser Aenderung des Projects wurde andrerseits beantragt, dieselbe Oeffnung so weit und tief darzustellen, dafs sie für gröfsere Schiffe einen zweiten Zugang zum Hafen bildete. Man überzeugte sich aber bald, dafs in solchem Fall übermäfsige Baggerungen vorgenommen werden müfsten. Endlich 1864 kam der Damm zur Ausführung. Er besteht auch gegenwärtig nur aus einer rohen Steinschüttung, deren sehr unregelmäfsige und schmale Krone etwa 3 Fufs über Mittelwasser liegt. Die im Anschlage vorge-

Digitized by Google

sehene Abpflasterung ist bisher unterblieben. Die vorgeschriebene Oeffnung wurde freigelassen, verlandete aber in kürzester Zeit. Fig. 146 *A* auf Taf. XXXI zeigt diesen Damm, der am hohen Ufer bei Camstigal beginnend sich an den Russischen Damm anschlofs. Der ihn kreuzende Eisenbahndamm wurde später angeschüttet.

Seit mehreren Jahren war bereits die Südbahn concessionirt, welche eine directe Verbindung von Pillau über Königsberg und Warschau mit Odessa darstellen sollte. Der Bau war bereits begonnen, als die Einführung der Bahn in das Festungsterrain bei Pillau und die Anordnung des Bahnhofs daselbst noch vielfachen fortificatorischen Bedenken unterlag. 1862 wurde hierüber ein Beschlufs gefafst, und während für eine directe Verbindung und unmittelbare Ueberladung der Güter von der Bahn auf die Schiffe gesorgt, auch dem Bahnhofe genügende Ausdehnung gegeben werden mufste, gingen sowohl die bisherigen Schiffsbaustellen, wie auch der dahinter liegende Holzhafen ein. Letzterer wurde 1864 seinem bisherigen Besitzer abgekauft, und in demselben Jahr fand die Eröffnung der Eisenbahn statt, welche dem Pillauer Hafen eine Bedeutung gab, die er bisher nie gehabt hatte.

Nachdem vorstehend die Anlagen eingehend beschrieben sind, die während der Zeit zur Ausführung kamen, als die Königsberger Kaufmannschaft den Hafen verwaltete, ist es entbehrlich, die am Schlufs dieser Periode stattfindenden Verhältnisse übersichtlich zusammenzustellen, und es bleibt nur übrig, über den Hafen selbst Einiges nachzuholen.

Derselbe bestand nach Fig. 143 anf Taf. XXVIII sowohl aus dem ältern Bassin, dem Graben, als aus dem eigentlichen Hafen, der auf der Ostseite vom Russischen Damm begrenzt wird. Der letzte Theil war der Liegeplatz für gröfsere Schiffe. Seine Breite war sehr verschieden, nämlich zwischen 12 und 23 Ruthen, und seine Länge mafs 130 Ruthen, doch fehlte nahe auf die Hälfte dieser Länge, nämlich in seinem hintern Theil, jeder Anlegeplatz für Schiffe. Auf der westlichen Seite zwischen der bisherigen Schiffsbaustelle und dem Graben, bei *T*, befand sich ein kleines Fort, die Hafenschanze genannt, das freilich dem Verkehr insofern diente, als es seit geraumer Zeit an einzelne Spediteure zur La-

Digitized by Google

gerung von Gütern verpachtet war, wo aber dennoch ein öffentliches Kai nicht angelegt werden durfte. Das Festungsterrain erstreckte sich noch weiter nordwärts bis an das Ende des tieferen Hafens, und wenn auch hier zum Bau eines Privatspeichers die Erlaubniſs ertheilt war, so fehlte es hier doch so sehr an Verbindungswegen, daſs die Benutzung dieses Ufers sich dem Verkehr fast ganz entzog. Auf der andern Seite, nämlich am Russischen Damm, lagen in früheren Zeiten gröſsere Schiffe, nachdem ihre Zollabfertigung an der Mündung des Hafens bei *G* bereits erfolgt war. Auſserdem befand sich weiter nordwärts auf dem Russischen Damm der Ballastplatz. Derselbe ging indessen ein, als hier ein Fort erbaut wurde. Die Bagger nebst Prahmen, Bugsirbooten und dergleichen vermehrten sich nach und nach so sehr, daſs sie das ganze Ufer des Russischen Damms verlegten, dieses also gleichfalls dem Verkehr entzogen wurde. In dieser Weise beschränkte sich also der Platz zum Anlegen der gröſsern Schiffe auf die etwa 60 Ruthen lange Uferstrecke der Stadtseite, von *G* bis zur Mündung des Grabens. Es ist aber bereits erwähnt worden, daſs hier sowohl Wellenschlag, wie starke Strömung und Eisgang zuweilen sehr störend wurden. Letzterer sollte freilich durch die beiden Eisbrecher (bei *O*) zwischen der nördlichen Spitze des Russischen Damms und dem Holzhafen verhindert werden, doch wurden dieselben bei eintretendem Eisgang gemeinhin sogleich abgebrochen. Nach Ausführung des Abschluſsdamms hörte die Gefahr der Durchströmung und des Eisgangs auf.

In dem vordern Theil des Hafens wurde durch Baggern die Tiefe von 15 Fuſs erhalten, und diese war auch in dem Fall nothwendig, wenn das See-Gatt sich verflacht hatte. Es wurden nämlich nicht selten Probeladungen vorgenommen, um die berechnete Tragfähigkeit der Schiffe zu prüfen.

Starke Schlickablagerungen fanden übrigens im Hafen nicht statt. Am Ufer des Russischen Damms in der Ecke *R* wurde eine Moderbank erhalten, die nahe bis zur Höhe des mittlern Wasserstandes anstieg. Dieselbe diente zum Aufsetzen solcher Schiffe, die mit zu grofser Fahrt in den Hafen einkamen, als daſs sie noch rechtzeitig gestoppt werden konnten.

Im Graben erhielt man die geringere Tiefe von 12 Fuſs,

Digitized by Google

und an der Stadtseite, wo nur Marktschiffe anlegten, oder Lichterfahrzeuge untergebracht wurden, mafs sie etwa 6 Fufs.

An geräumigen Kais fehlte es dem Hafen beinahe ganz, nur am Eingange vor dem Schuppen, wo die Zollabfertigung geschah, war ein solcher vorhanden, der aber weiterhin noch durch den Bootshafen *S* beschränkt wurde. Bei dem frühern Verkehr lag in dieser Beziehung auch kein Bedürfnifs vor, da Pillau kein selbstständiger Handelsplatz war, was eine alte Verordnung von 1718 auch ausdrücklich verboten hatte. Die einkommenden Güter wurden sogleich in Lichterfahrzeuge oder im Winter in Schlitten verladen und über das Haff nach Königsberg befördert. Dasselbe geschah auch mit dem ausgehenden Getreide.

Das nördliche Ufer des Tiefs ist zunächst am Hafen, nämlich zwischen *G* und *H*, mit einem Bohlwerk eingefafst, welches das hohe Bohlwerk heifst. Es führt diesen Namen, weil es sich theils 10 Fufs über Mittelwasser erhebt, und theils, weil es eine grofse Tiefe vor sich hatte. Letztere mifst gewöhnlich 14 bis 18 Fufs, doch nimmt sie zuweilen, wenn die zufälligen Sandablagerungen den Strom darauf weisen, in kurzer Zeit um 10 Fufs zu. Aus diesem Grunde müssen die Pfähle sehr tief eingerammt, und doppelt verankert werden. Die obern Anker sind aber auch nach rückwärts gestützt, damit beim Aufstofsen der Schiffe das Bohlwerk nicht eingedrückt wird.

Die Unterhaltung dieses Baues ist sehr kostbar, da nicht nur das Holz bei der abwechselnden Nässe und Trockenheit und bei der Berührung mit der feuchten Hinterfüllungserde der Fäulnifs unterworfen ist, sondern es leidet auch vom unvermeidlichen Gegenstofsen der Schiffe, und vorzugsweise treten beim Eisgang starke Beschädigungen ein. Sobald im Elbinger Haff das Eis sich in Bewegung setzt, treiben ausgedehnte Eisfelder dagegen. Die Geschwindigkeit derselben pflegt freilich nicht grofs zu sein, aber ihre Masse ist so bedeutend, dafs des Widerstandes unerachtet die Bewegung nicht sobald aufhört. Die Scholle treibt, nachdem sie schon das Bohlwerk berührt hat, noch mehrere Minuten hindurch in ihrer früheren Richtung gegen dasselbe. Beim Anlaufen zerbröckelt ihr äufserer Rand. Es bilden sich grofse Haufen des zerstückelten Eises, die sehr schnell anwachsen, sich über das Bohlwerk erheben, und hier oft in solcher Höhe sich

Digitized by Google

aufthürmen, dafs man aus den Erdgeschossen der dahinter stehenden Häuser nicht darüber fortsehn kann. Bei solchem Eisgange wird oft in einer Viertelstunde eine grofse Anzahl von Pfählen vollständig durchschnitten, während die andern tief eingekerbt sind. Diese Pfähle durch eiserne Schienen zu schützen, ist nicht zulässig, weil dabei die Schiffe leiden würden; mir blieb daher zur Sicherung dieses Bohlwerks nur übrig, besondere Eispfähle davor leicht einzurammen und gegen die Holme zu bolzen. Es wurden dazu die schlechtesten Stämme verwendet, die entweder zu kurz oder zu schwach, oder sehr gekrümmt waren, die also nur wenig kosteten. Sie litten augenscheinlich noch mehr, als die Bohlwerkspfähle, aber sie gewährten den grofsen Nutzen, dafs sie die letztern schützten.

Vor dem hohen Bohlwerk liegen in der Regel keine Schiffe, weil sie hier dem vollen Wellenschlage ausgesetzt sein würden, nur vorübergehend geschieht dieses. In welcher Weise aber die Schiffe bei mäfsigem südlichen Winde und bei ausgehendem Strom von hier fortsegeln, ist am Schlufs § 31 bereits mitgetheilt.

Die drei mit *F* bezeichneten Gerüste in Fig. 143 sind drei Baaken, welche dem ankommenden Schiffer die Lage des Fahrwassers im See-Gatt angeben. Alle drei sind beweglich, so dafs sie bei eintretenden Aenderungen des See-Gatts verstellt werden können. In frühern Zeiten geschah dieses sehr häufig, und oft sogar mehrmals in einem Jahr. In allen lassen sich die hohen Ruthen niederlegen, und dieses geschieht, wenn die Lootsen das Einsegeln für gefährlich halten. Gewifs ist es aber noch gefährlicher, wenn das Schiff im Sturm dem Hafen sich schon so weit genähert hat, dafs es die offene See nicht wieder gewinnen kann, es also unerachtet jeder Gefahr den Versuch machen mufs, einzulaufen, und nunmehr die einzigen Marken, welche die Fahrt bezeichnen, ihm entzogen werden. Die äufserste und kleinste Baake ist die Wink-Baake. Sie wird mit einer Flagge versehn, wenn sie gebraucht werden soll. Je nachdem man den beweglichen Flaggen-Stock rechts oder links neigt, soll das Schiff in gleicher Richtung die Baaken-Linie verlassen. Dieses Signal ist aber höchst zweifelhaft, weil man von dem niedrigen Ufer aus, auf dem die Baake steht, die Entfernung des Schiffs nicht

Digitized by Google

beurtheilen, also auch nicht wissen kann, ob es sich gerade an der Stelle befindet, wo das Fahrwasser die Biegung macht.

Das See-Gatt ist auf der Nordseite mit weifsen und auf der Südseite mit schwarzen Tonnen bezeichnet, und die schwarz und weifse Aufsentonne liegt weiter seewärts in der Baaken-Linie. Diese Tonnen sind bei ruhiger Witterung sehr deutlich und schon aus weiter Ferne zu erkennen, bei westlichen Stürmen aber, also gerade in der Zeit, wenn die Lootsen nicht hinauskommen können, werden sie von den Wellen verdeckt, und nur selten sieht man eine oder die andre aus der Brandung vortreten. Die Baaken sind alsdann für den Schiffer von besonderer Wichtigkeit, doch neben diesen bezeichnet auch die schwächere Brandung das tiefste Fahrwasser. Je höher die Untiefe ansteigt, um so höher schwillt darüber auch die Welle an. Der Unterschied ist freilich nicht bedeutend, doch giebt er bei grofser Aufmerksamkeit sich zu erkennen, und manches Schiff verdankt diesem Umstande seine Rettung.

Die Rhede von Pillau liegt ganz offen, und bietet keinen Schutz gegen westliche Stürme, nichts desto weniger wurde sie doch immer benutzt, so oft das See-Gatt nicht hinreichende Tiefe hatte. Die ankommenden und ausgehenden Schiffe mufsten einen Theil der Ladung auf der Rhede lichten oder einnehmen, also hier vor Anker gehn, die Ankunft der Lichterfahrzeuge abwarten, und so lange liegen, bis die Umladung erfolgt war. Um die Lichterfahrzeuge keiner zu grofsen Gefahr auszusetzen, auch um den Weg derselben möglichst abzukürzen, pflegten die Schiffe sich dem See-Gatt so sehr zu nähern, wie dieses bei der jedesmaligen Witterung irgend zulässig erschien. Wenn in solchem Fall aber starker westlicher Wind eintrat, wobei die Schiffe diese Stelle verlassen mufsten, so wurde es ihnen zuweilen unmöglich, die offne See wieder zu gewinnen, und Strandungen waren alsdann unvermeidlich. Auch die Lichterfahrzeuge wurden, während sie draufsen waren, zuweilen durch einen plötzlich eintretenden Sturm überrascht, und wenn sie wegen des flachen Bodens auch überall hoch auf den Strand aufsetzen konnten, so trat für die Mannschaft noch der grofse Uebelstand hinzu, dafs sie mit Lebensmitteln und mit Wasser nicht versehn waren.

Vorzugsweise gefährlich war für die grofsen Holzschiffe

Digitized by Google

das Liegen auf der Rhede. Solche gingen bei östlichen Winden mit dem Theil der Ladung aus, den sie nach der jedesmaligen Tiefe des See-Gatts aufnehmen konnten, ohne den Grund zu berühren, und der Rest folgte in Flöfsen nach, auf welche oft Segel aufgesetzt waren, und die überdiefs von Ruderböten bugsirt wurden. Das Schiff wie das Floss legten sich aufserhalb des See-Gatts nahe neben einander vor Anker. Im Schiffe wurde diejenige Lucke im Buge, die möglichst nahe über dem Wasserspiegel sich befand, geöffnet, und durch diese ein Balken nach dem andern in den Rumpf des Schiffs eingeschoben. Sobald Bewegung im Wasser eintrat, mufste die Lucke sogleich geschlossen werden. Hierzu war immer die nöthige Zeit vorhanden, aber alsdann hörte das Ueberladen auf, und zwar mufste dieses viel früher unterbrochen werden, als etwa das Ueberwerfen einer Getreideladung, was bei mäfsigem Wellenschlage noch fortgesetzt werden konnte. Beim Eintritt des westlichen Windes konnte ein Lichterfahrzeug, das nur einen Theil der Ladung abgegeben, oder diese vielleicht noch ganz inne hatte, gewöhnlich in den Hafen zurückgehn. Beim Holzfloss war dieses aber nicht möglich, denn eines Theils liefs es sich nicht steuern, und aufserdem wurde es auch schon bei sehr mäfsigem Wellenschlage zertrümmert. Schwere Verluste an Holz wiederholten sich daher sehr häufig.

Von der ganz ungeschützten Lage abgesehn, ist die Pillauer Rhede in sofern günstig, als der Ankergrund rein und von der erforderlichen Consistenz ist. Er besteht aus fest abgelagertem, sehr zähem Thon, worin die Anker leicht fassen und meist hinreichend haften. Wenn die Schiffe auf der sogenannten Aufsen-Rhede oder auf 9 bis 10 Faden Tiefe bleiben, so wird auch bei starker Wellenbewegung der Grund nicht leicht gelockert, und der Anker pflegt selbst bei heftigem Sturm zu halten. Dieses geschieht aber nicht mehr, wenn die Schiffe näher am Gatt oder auf 5 bis 6 Faden Anker werfen. Bei anhaltendem Sturm kommen sie alsdann ins Treiben.

Vor 60 Jahren war die Rhede sehr unrein, indem eine Menge Anker darin lagen, welche häufig die Taue oder Ketten fafsten, und dadurch Strandungen verursachten. Diese Anker rührten vorzugsweise aus der Zeit des Französischen Kriegs her, denn wenn es auch sonst schon vielfach vorgekommen sein mochte,

Digitized by Google

dafs ein Anker zufällig so fest eingegriffen hatte, dafs er mit dem grofsen Spill nicht gelichtet werden konnte, so mufste doch besonders in Kriegszeiten jeder unnöthige Aufenthalt, und namentlich auf der Rhede, vermieden werden, wo an ein Entkommen nicht zu denken war, sobald ein feindliches Schiff sich näherte. Aufserdem stellen sich in solcher Zeit die Frachten auch so hoch, dafs der Verlust eines Ankers gegen den zu erwartenden Gewinn nicht in Betracht kommt, und so geschah es damals sehr häufig, dafs das Heben des Ankers gar nicht versucht, sondern, nachdem die Ladung eingenommen war, das Ankertau sogleich gekappt wurde.

Um die Rhede zu reinigen, wurde später das Fischen der Anker frei gegeben, und zwar in der Art, dafs wer einen dieser Anker hob, denselben als Eigenthum behielt, wenn nicht vielleicht der frühere Besitzer sein Eigenthumsrecht nachwies, was jedoch nur in sehr seltnen Fällen geschah, und selbst alsdann mufste der Fischer für die Hebung vollständig entschädigt werden. Bei dem grofsen Werth der Anker wurde nunmehr das Fischen derselben ein sehr lockender Erwerbszweig, der um so mehr anzog, als er gelegentlich, wenn andre Beschäftigung fehlte, betrieben werden konnte. In welcher Art dabei verfahren wurde, ist bereits früher (im zweiten Theil dieses Handbuchs § 52) beschrieben worden. In wenig Jahren verschwanden vollständig die bisher so gefährlichen Anker von der Rhede.

§ 53.

Neuste Bauten.

Aus vorstehenden Mittheilungen ergiebt sich, dafs während der fünfzigjährigen Verwaltung des Pillauer Hafens durch die Königsberger Kaufmannschaft derselbe sich wesentlich verbessert hatte. Nichts desto weniger stellte sich namentlich in der letzten Zeit das Bedürfnifs zu vielen und zwar sehr kostspieligen Anlagen dringend heraus.

Die plötzliche Vertiefung des See-Gatts im Jahr 1855 hatte den Hafen viel gröfsern Schiffen, als bisher, zugänglich gemacht. Die darauf allmälig erfolgende Verflachung liefs aber sicher

Digitized by Google

erwarten, dafs die frühere mäfsige Fahrtiefe sich bald wieder einstellen werde, wenn nicht der Molenbau, der in Swinemünde so günstig und so nachhaltig gewirkt hatte, kräftigst wieder aufgenommen und durchgeführt würde. Die Gefahr der Verflachung war aber gegenwärtig viel gröfser, als bisher geworden, da die solide Durchbauung der Nogat an der Montauer Spitze nicht nur die Wiederkehr eines ähnlichen Ereignisses, wie zu Anfang 1855, unmöglich machte, sondern auch durch die Beschränkung des Profils der Nogat nahe unterhalb ihrer Trennung von der Weichsel die dem Haff zufliefsende Wassermasse wesentlich vermindert war.

Es handelte sich aber nicht nur um die Verlängerung der Molen, sondern die in einer langen Reihe von Jahren ausgeführten Theile derselben waren in den Kronen versunken, zerrissen und stellenweise durchbrochen, so dafs die Wellen herüberschlugen und hin und wieder starke Durchströmungen stattfanden. Die flachen Steinböschungen hatten sich also auch hier wieder nicht bewährt.

Ein andrer Umstand, der eine wesentliche Umgestaltung und Vergröfserung des Hafens forderte, war der Bau der Südbahn, und zwar zunächst der Strecke von Pillau nach Königsberg, indem durch diese und die bereits bestehende Ostbahn Pillau mit den Russischen Bahnen verbunden wurde. Da aber unter allen an der östlichen Seite der Ostsee belegenen Häfen Pillau derjenige ist, der am seltensten zufriert, der nahe eben so lange offen bleibt, als der Sund, so war mit Sicherheit zu erwarten, dafs während des Winters der Verkehr mit Rufsland und namentlich die sehr bedeutende Ausfuhr von Getreide, Oelsamen, Hanf und dergleichen grofsentheils über Pillau erfolgen werde. Es mufste also für ausgedehnte Anlegestellen unmittelbar neben Zweigbahnen gesorgt werden. Die Anlegestellen waren aber überaus beschränkt, und wie bereits erwähnt, waren sie unter den bisherigen Verhältnissen auch entbehrlich gewesen. Das kleine Städtchen Pillau, dem jedes Hinterland fehlt, konnte sich daher an dem Verkehr nicht weiter, als durch Speditions-Geschäfte betheiligen, wobei geräumige Kais und Speicher nicht erforderlich waren.

Bei Darstellung der nunmehr nothwendigen Kais, die auch mit Eisenbahngeleisen versehn sein mufsten, durften indessen die

Digitized by Google

bisherigen Bohlwerke nicht beibehalten werden, die Erbauung massiver, in grofser Tiefe fundirter und daher sehr kostbarer Ufermauern liefs sich nicht umgehn.

Ferner war für den erwarteten sehr ausgedehnten Verkehr, der sich in der That unmittelbar nach Eröffnung der Bahn im nächsten Winter einstellte, der ganze Hafen zu klein, und für die grofsen Schraubendampfer, die schon früher zuweilen einkamen, war auch die Hafenmündung zu enge, und konnte bei heftigen Strömungen nur mit grofser Vorsicht durchfahren werden. Bei Schüttung des Steindamms von dem Russischen Damm nach dem hohen Ufer bei Camstigal war zwar eine sehr bedeutende Vergröfserung des Hafens eingeleitet, aber die hinzugekommene Fläche hatte nirgend hinreichende Tiefe, und ausgedehnte Bagger-Arbeiten mufsten hier vorgenommen werden. Dabei war aber zu berücksichtigen, dafs der Hafen nur in seinem vordern Theil eisfrei bleibt, oder nur hier beim Zufrieren geöffnet werden kann, während weiter nordwärts die Eisdecke immer stärker wird. Es empfahl sich daher, ein zweites Hafenbassin auf der Ostseite des Russischen Damms anzulegen, wie ein solches schon im vorigen Jahrhundert projectirt war.

Aufser diesen grofsartigen Bauten waren noch andre Bedürfnisse zu beachten, die bei einem regen Schiffsverkehr sich gleichfalls als dringend herausstellten. Hieher gehörte zunächst die Einrichtung eines besondern und feuersicher abgeschlossenen Hafens für die Petroleum-Schiffe. Demnächst die Beschaffung einer Schiffsbaustelle, auf der wenigstens die in Havarie eingekommenen Schiffe in Stand gesetzt werden konnten. Die frühern Schiffsbauplätze waren aufgegeben, da der Bahnhof unbedingt auf ihre Stelle verlegt werden mufste. Sodann war für einen Ballastplatz zu sorgen, der seit der Erbauung des kleinen Forts auf dem Russischen Damm eingegangen war, und eben so auch für geräumige Kohlenmagazine, zur Versorgung der einlaufenden Dampfschiffe.

Endlich wurde ein wenigstens 15 Fufs tiefes Fahrwasser nach Königsberg für dringend nöthig erachtet. Seit 45 Jahren war man bemüht gewesen, durch Dampfbagger ein solches darzustellen, dabei war aber wenig mehr erreicht, als zwei Pferdebagger in früherer Zeit schon geleistet hatten.

Digitized by Google

Zu diesen verschiedenen baulichen und sonstigen Anlagen waren die der Kaufmannschaft zugewiesenen Hafengelder ganz ungenügend, während bedeutende Zuschüsse aus Staatskassen nicht in Aussicht standen, so lange die Regierung nicht selbst die Verwaltung des Hafens übernahm. Alsdann durfte man freilich hoffen, dafs ähnlich, wie einst in Swinemünde, und vor Kurzem wieder in Stolpmünde geschehn, sehr bedeutende Summen zur Verbesserung des Hafens bewilligt werden würden.

Hierzu kam noch, dafs die vielfach erhobenen Beschwerden über vorhandene Mängel von den Behörden nicht unbeachtet gelassen werden konnten und zu dringenden Anforderungen an die Kaufmannschaft Veranlassung gaben, welchen diese mit den ihr zu Gebote stehenden Mitteln nicht nachkommen konnte. Als endlich im Jahr 1863 die Regierung eine Ermäfsigung der Hafengelder forderte, also die schon ungenügenden Einnahmen noch beschränkt werden sollten, da entschloss sich die Kaufmannschaft, die Verwaltung des Hafens aufzugeben. Im Anfang des Jahrs 1864 bot sie diese der Regierung an. Seitens der Staats-Behörden wurde hierauf sehr bereitwillig eingegangen und schon am 12. Mai 1864 erfolgte die Uebergabe.

Die Erwartung, dafs nunmehr viel gröfsere Summen, als die Hafengelder eintrugen, zur Verbesserung des Hafens verwendet werden würden, ging in der That in Erfüllung, und wenn auch die politischen Ereignisse zuweilen Beschränkungen und selbst die Einstellung der Bauten veranlafsten, auch bis jetzt (1880) noch keins jener vorstehend bezeichneten Bedürfnisse vollständig befriedigt ist, so entwickelte sich dennoch seit jener Zeit eine Bauthätigkeit, wie solche bisher noch nie hier stattgefunden hatte.

Was den Molenbau betrifft, so kam es zunächst darauf an, die versunkenen und durchbrochenen Dämme in solcher Art wieder herzuzustellen, dafs sie dauernd den Strom einschliefsen, auch den Uebertritt der Wellen verhindern. Zu diesem Zweck wurde zunächst angeordnet, es solle nach Ausgleichung der Steinschüttung darüber eine Schicht grofser Béton-Blöcke in der Höhe des mittlern Wasserstandes so versetzt werden, dafs sie als Läufer und Binder schon an sich einigen Verband darstellten, aufserdem aber noch in gewisser Art in einander griffen und dadurch um so sicherer in ihrer Lage erhalten würden. Auf

Digitized by Google

dieser Grundlage solle alsdann die Uebermaurung erfolgen, die aber noch auf beiden Seiten durch Pfahlreihen eingeschlossen wäre. In diesen Reihen seien die Pfähle von Mitte zu Mitte 3 Fufs von einander entfernt, durch die vorhandene Steinschüttung hindurch einzurammen und durch Holme zu verbinden. Auf diese Holme seien Eisenbahnschienen zu nageln, auf welchen ein grofser Krahn läuft, der die erwähnten Blöcke aus dem Prahm hebt und versetzt. Mit dem Rammen der Pfähle sei der Bau zu beginnen.

Der Local-Baubeamte, dem die Ausführung dieses Projects aufgetragen wurde, erklärte, es sei unmöglich, durch die Steinschüttung hindurch, die meist aus grofsen Granitgeschieben bestehe, die Pfähle so einzurammen, dafs sie einen festen Stand und zwar in solcher Richtung einnähmen, dafs die Holme aufgezapft werden könnten. Nunmehr wurde ein Versuch und zwar mit eichenen und mit mit schweren Schuhen versehenen Pfählen angeordnet, dabei aber bemerkt, es sei nicht erforderlich, dafs dieselben scharf in eine Linie träfen, wenn sie nur so weit gerichtet wären, dafs sie mit Blattzapfen gegen die Holme gebolzt werden könnten. Dieser im Jahr 1866 angestellte Versuch ergab ein sehr ungünstiges Resultat, und es wurde darauf von jenem Project abgegangen.

Mit der Anfertigung der Béton-Blöcke hatte man aber sogleich den Anfang gemacht und 124 derselben, deren jeder eine halbe Schachtruthe hielt, lagen auf der Spitze der Frischen Nehrung zur Verwendung bereit.

Hierauf wurde ein andres Project unter Zugrundelegung der in neuster Zeit sowohl in Stolpmünde, wie in Swinemünde gemachten Erfahrungen angeregt, mit dem sich auch die Local-Baubeamten einverstanden erklärten. Beim Ausbau der Norder-Mole, mit welcher der Anfang zu machen sei, sollte, so lange man die Richtung des alten Damms verfolgte, die Steinschüttung in der Höhe des mittlern Wasserstandes möglichst ausgeglichen, und eine 10 Fufs hohe Uebermauerung mit steil ansteigenden Seitenflächen darauf gestellt werden. Indem sicher zu erwarten, dafs der erste Theil dieser Mauer keinem starken Angriff durch Wellenschlag ausgesetzt sein, vielmehr bei der Verlandung der schmalen Bucht, die ihn noch von dem Ufer trennte, er sich

Digitized by Google

bald in eine Ufermauer verwandeln werde, so schien es entbehrlich, demselben eine grofse Breite oder Stärke zu geben. Es kam nur darauf an, ihn gegen den Stofs der Wellen, die vor Beendigung der Süder-Mole ihn auf der Hafenseite treffen, zu sichern. Unter der Voraussetzung, dafs der stärkste Druck der Wellen hier 2000 Pfund auf den Quadratfufs beträgt, ergab sich die erforderliche Kronenbreite gleich 10 Fufs. Sollte diese Breite, falls die Verlandung unterbliebe, nicht genügen, so würde die nöthige Verbreitung sich leicht darstellen lassen, jetzt komme es nur darauf an, die Instandsetzung der Mole möglichst zu beschleunigen. Weiter hin sei dagegen die Verbreitung unbedingt nothwendig. Secseitig, also auf der Nordseite, sollte aber die Mauer in cylindrischer Fläche an das Banket vor der Steindossirung sich anschliefsen. Endlich seien die vorräthigen Béton-Blöcke zum Schutz dieser Mauer zu verwenden, sobald an irgend einer Stelle durch Annäherung einer bedeutenden Tiefe Unterspülung besorgt werden könnte.

Diese Vorschläge wurden genehmigt, die Veranschlagung erfolgte bald darauf und im Sommer 1867 war bereits auf 27 Ruthen Länge die Uebermaurung ausgeführt.

Nach einem starken Sturm in demselben Jahr, der von der Südseite die Wellen gegen die Mole trieb, spritzte das Wasser gegen die senkrechte Wand so hoch auf, wie dieses hier bisher noch nie bemerkt war, und in der Besorgnifs, dafs der Bau dabei leiden möchte, wurden gleich darauf die sämmtlichen vorräthigen Béton-Blöcke auf die hafenseitige Dossirung verlegt. Obgleich die Besorgnifs wohl unbegründet gewesen, so war diese Vorsicht doch in so fern ohne Nachtheil, als es gleichgültig war, ob die Blöcke hier oder auf der Nehrung lagen, und sie zu anderweitem zweckmäfsigen Verbrauch auch von hier entnommen werden konnten.

Anfang 1868 war die Mauer auf 122 Ruthen theils in voller Höhe und theils nur einige Fufs über Mittelwasser ausgeführt. Indem von hier ab die Verlandung hinter der Mauer nicht mehr sicher erwartet werden konnte, so wurde die Krone nunmehr in sanftem Uebergange auf 16 Fufs verbreitet. Nachdem aber 1873 die Uebermauerung wieder um 108 Ruthen weiter geführt war, ging man in gleicher Weise zur Kronenbreite

Digitized by Google

von 20 Fuſs über, die aber wegen des Leuchtthurms auf dem Kopf bald bis 25 Fuſs zunehmen sollte.

In dieser Art war die Norder-Mole 1874 auf 250 Ruthen Länge übermauert, indem man dabei stets auf der alten Steinschüttung blieb. Von hier ab muſste diese verlassen werden, damit das aus den vertriebenen Steinen des alten Molenkopfs gebildete Riff nicht auf der Hafenseite vorträte. Aufserdem schien es auch passend, eine sanfte Krümmung einzuführen, um die Strömung neben der Mole zu concentriren. Bevor indessen hier der Weiterbau begonnen wurde, ging man zur Verlängerung der Süder-Mole über. Hierzu kam, daſs die Erfolge der in Rügenwalder-Münde zu versuchenden Constructions-Art eines massiven Kopfs abgewartet werden sollten, die vielleicht auch hier zu wählen wäre. In welcher Weise die Verlandung auf der Nordseite der Mole vorgeschritten ist, ergiebt sich aus der Vergleichung der beiden Situationszeichnungen auf Taf. XXXII und XXX. Doch ist dabei zu erwähnen, daſs die im Jahr 1855 daselbst liegende Sandfläche, die sich erst vor Kurzem gebildet hatte, viel niedriger, als 1877 war.

Beim Ausbau der Süder-Mole muſste eine sehr bedeutende Verlängerung derselben in Aussicht genommen werden, denn die ungünstige Lage und die Veränderlichkeit des See-Gatts rührte augenscheinlich davon her, daſs die Strömung keineswegs neben der Norder-Mole blieb, vielmehr sich von derselben südwärts wandte, und hier oftmals tiefe Rinnen bildete, wie auch die Situations-Zeichnung vom Jahr 1877 zeigt, woher die Tiefe in der Hauptrichtung sich verminderte.

Zunächst kam es auch hier darauf an, die alte versunkene und zerstörte Mole zu übermauern, und dabei entstand die Frage, ob die Bucht unmittelbar vor der Nehrung durchbaut oder die früher gewählte Richtung des Damms beibehalten werden sollte. Daſs diese Bucht als Hafen für kleine Fahrzeuge nicht nutzbar sei, wie man erwartete, hatte die Erfahrung bereits gezeigt. Dagegen konnte diese Bucht auch nicht wesentlich nachtheilig sein, und die Uebermaurung des sie umschlieſsenden Damms war schneller und mit geringeren Kosten auszuführen, als wenn man einen ganz neuen Damm hindurchgeführt hätte. Das Bedürfniſs der schleunigen Instandsetzung und Weiterführung der Süder-

Digitized by Google

Mole war Anfang 1870 von verschiedenen Seiten zur Sprache gebracht und mufste auch anerkannt werden. Da aber das Steinmaterial, das im andern Fall erforderlich gewesen wäre, sich nicht schnell genug beischaffen liefs, so blieb nur übrig, den alten Damm zu erhöhen und zu verstärken.

Nachdem in den letzten Jahren das Ufer der Nehrung stark abgebrochen war, mufste zunächst statt der bisherigen Ufermauer ein mehr gesicherter und zugleich tiefer fundirter Verbindungs-Damm zwischen dem 1835 ausgeführten Molenkopf und der Wurzel der spätern Mole dargestellt werden. Derselbe erhielt nur die mäfsige Kronenbreite von 6 Fufs.

Zur Seite der Bucht wurde die Kronenbreite der Mole auf 10 Fufs festgestellt, weiterhin aber auf 16 Fufs vergröfsert, und in dieser Breite wurde die Uebermaurung in gleicher Art wie auf der Norder-Mole bis an das Ende des alten Damms fortgeführt. Ihre ganze Länge bis zu diesem Punkt mafs 115 Ruthen. Von hier ab mufste die Fortsetzung in grofser Tiefe ausgeführt werden. Man wählte dabei diejenige Constructionsart, die in Stolpmünde und noch mehr in Swinemünde sich bereits bewährt hatte, nämlich zwischen zwei etwas rückwärts geneigten möglichst schliefsenden Wänden von eingerammten Rundhölzern wurden gröfsere Steine geschüttet, die später über Mittelwasser übermauert werden sollten. Da dieser Bau frei in die See trat, auch nicht durch Steinschüttungen zur Seite gesichert war, so bestimmte man für denselben die Kronenbreite in der Höhe von 10 Fufs über Mittelwasser zu 23 Fufs. Die specielle Beschreibung der Construction wird bei Gelegenheit der Ausführung der Hafendämme gegeben werden.

Nachdem die nöthigen Materialien, wie auch Zugrammen, und Dampframmen beschafft waren, begann dieser Bau 1874, wurde jedoch in demselben Jahr schon auf unangenehme Art für einige Zeit unterbrochen. In der Erwartung, dafs heftige Stürme nicht so früh eintreten würden, hatte man die Rammarbeiten weit über die Steinschüttungen hinaus fortgesetzt, woher die frei stehenden Pfähle der Rüstung und selbst diejenigen, welche die Wände bildeten, bei einem starken Seegange im Anfange des Monats October abbrachen und durch andre ersetzt werden mufsten. Indem die Pfahlwände in derselben Richtung

Digitized by Google

sich nicht erneuern liefsen, so ging man nunmehr zur Kronenbreite von 25 Fufs über, sorgte aber sowohl durch rechtzeitiges Einwerfen von Steinen, wie auch durch möglichste Verbindung und Verstrebung der Rüstung- und Wandpfähle dafür, dafs ähnliche Zerstörungen sich nicht wiederholten.

So lange es sich nur um die Uebermaurung der alten versunkenen Molen handelte, war über die Richtung, in der diese verlängert werden sollten und über die Lage der beiderseitigen Molenköpfe noch kein endgültiger Beschlufs gefafst worden. Dieses geschah im October 1872 und zwar in der Art, wie Fig. 145 A auf Taf. XXX in den punktirten Linien zeigt. Bei der Lage der Barre, die im Lauf der Zeit nicht wesentlich herausgerückt war, fehlte jede Veranlassung, die Norder-Mole über den alten versunkenen Kopf derselben hinauszuschieben, doch mufste sie einige Krümmung erhalten, um theils den Strom an dem Kopf angemessen vorbeizuführen, theils aber auch, um das Steinriff zu überbauen, welches bei der Zerstörung des alten Molenkopfs auf der Binnenseite sich gebildet hatte. Die Süder-Mole mufste jedenfalls so weit, wie die Norder-Mole verlängert werden, um die Ausströmung in südlicher Richtung zu unterbrechen, die auch gegenwärtig noch diejenige in der Richtung der Norder-Mole überwiegt, und daher die Bildung eines angemessenen Fahrwassers verhindert.

Die Weite der Ausmündung oder der lichte Abstand beider Molenköpfe wurde auf 80 Ruthen angenommen, da die Flächeninhalte verschiedner Querprofile des Tiefs dieses Maafs als passend erscheinen liefsen, und man auch vermeiden wollte, wie bei Swinemünde geschehn, eine so weite Oeffnung darzustellen, dafs der hindurchtretende Strom sie nicht frei erhalten konnte, und die daher im Lauf der Zeit nur zum kleinsten Theil hinreichend tief blieb. Nichts desto weniger durfte diese Annahme doch nicht als ganz sicher angesehn werden, und es wurde daher gleichzeitig gefordert, man solle während des Baues aufmerksam sein, ob vielleicht gewisse Erscheinungen eintreten, die eine Aenderung und namentlich eine Vergröfserung dieses Maafses rechtfertigen. Die inzwischen gemachten Erfahrungen haben freilich bisher nichts ergeben, wonach eine gröfsere Weite als nothwendig sich herausgestellt hätte, da es indessen übermäfsige

Digitized by Google

Kosten veranlassen würde, nach Vollendung des Baues die Mündung wieder zu verbreiten, wenn vielleicht spätere Erfahrungen dieses fordern sollten, so wurde 1879 beschlossen, nachdem man den Punkt erreicht hatte, der in derselben Figur mit dieser Jahreszahl bezeichnet ist, nicht weiter die projectirte Richtung zu verfolgen, sondern von hier ab den Bau in seiner bisherigen Richtung fortzusetzen, und an das Ende desselben einen Flügel anzuschliefsen, der sich dem Kopf der Norder-Mole so weit nähert, wie das Bedürfnifs verlangt.

Um über die vorstehend angeregte, gewifs sehr wichtige Frage Entscheidung zu treffen, ist wohl vorzugsweise darauf Rücksicht zu nehmen, dafs die Einströmung bei anschwellender See nicht verhindert, und dadurch bei der folgenden Ausströmung die Einwirkung auf das See-Gatt nicht beeinträchtigt wird. Eine überflüssige Weite der Mündung, die sich bald verflacht, befördert augenscheinlich nicht diesen Zweck, während sie theils zur Verstärkung des Wellenschlags im Tief Veranlassung giebt und theils die Ausbildung eines geregelten und dauernden See-Gatts behindert. Der Betrieb der Schiffahrt kommt hierbei wenig in Betracht, da weder die Einströmung, noch die Ausströmung stärker werden dürfte, als sie schon jetzt stellenweise zu Zeiten ist, und da der eingehende Strom bei heftigen Weststürmen der stärkste ist, so kommt noch hinzu, dafs alsdann kein Schiff ausgeht.

Bei dem bisherigen sehr weiten Abstande der Enden beider Molen von einander kann es nicht befremden, dafs die Richtung des ausgehenden Stroms und sonach auch die Lage und Richtung des See-Gatts sich häufig verändert, auch gewöhnlich mehrere tiefere Rinnen neben einander bestehn, durch welche der Strom über die Barre tritt. Die Tiefe des See-Gatts, welche seit 1811 in den Pillauer Schiffslisten mitgetheilt wird, bezieht sich immer auf dasjenige Fahrwasser, durch welches die Lootsen die Schiffe ein- und ausbringen, und sobald ein andrer Weg gewählt wird, ergeben die Listen gewöhnlich auch eine andre Tiefe, wenn auch thatsächlich keine Aenderung in der Barre eingetreten ist. Hierzu kommt noch, dafs diese Tiefenmessungen nur vorgenommen werden können, wenn die See einigermafsen sich abgestillt hat, auch Rinnen von gröfserer Tiefe nicht berücksichtigt werden dürfen, wenn sie für den Durchgang der Schiffe zu enge oder zu scharf

Digitized by Google

gekrümmt sind. Endlich darf auch der jedesmalige Wellenschlag nicht unbeachtet bleiben, und wenn im Allgemeinen die Lootsen mit Bezug auf diesen schon jedesmal die Fahrtiefe etwas geringer angeben, als sie dieselbe gefunden haben, so mufs das Maafs noch mehr vermindert werden, wenn anhaltend unruhige See zu erwarten ist.

Es ergiebt sich hieraus, dafs diese Angaben wenig sicher sind, und ihre vollständige Mittheilung, die ich in der ersten Ausgabe dieses Handbuchs für den Zeitraum von 1786 bis Anfang 1864 gab, nur im Allgemeinen den Einfluſs erkennen läfst, den die Molenbauten vorübergehend oder dauernd auf die Ausbildung des See-Gatts geäufsert haben, dafs aber hiervon die Aenderungen der Tiefe ganz unabhängig sind, die in neuerer Zeit auch vielfach durch die Baggerungen veranlafst sein mögen.

Nichts desto weniger dürfte es doch von Interesse sein, die wichtigsten Aenderungen in diesen Tiefen des See-Gatts, und zwar auf den Wasserstand von 7 Fufs 8 Zoll reducirt hier zu erwähnen. Dabei ist zu bemerken, dafs die Angaben, welche sich auf die Zeit vor 1811 beziehn, aus einer Zusammenstellung entnommen sind, die von dem schon mehrfach benannten Wasserbau-Director Fr. Schulz herrührt.

Anfangs 1786 mafs die Tiefe 13 bis 14 Fufs und nahm vom April ab so zu, dafs sie am Schlufs des Jahrs 17 Fufs war. Im Sommer 1787 vergröfserte sie sich auf 18 Fufs, verminderte sich aber im nächsten Jahr wieder, und erhielt sich von 1790 bis 1793 ziemlich unverändert auf 15 Fufs. Nunmehr wurde sie geringer, stellte sich bis 1795 durchschnittlich auf 10 Fufs und zeitweise sogar auf 8 Fufs. Bis Ende 1799 mafs sie ohne wesentliche Aenderung 10 bis 11 Fufs, 1800 nur 8 Fufs. 1802 und 1803 war sie gleichfalls 10 bis 11 Fufs, im Frühjahr 1805 verminderte sie sich sogar bis auf 6 Fufs. Nunmehr stellte sie sich mit mäfsigen Schwankungen eine lange Reihe von Jahren hindurch, nämlich bis 1816, durchschnittlich auf 10 Fufs. Alsdann nahm sie auf 13 Fufs zu, die bis Ende 1824 sich erhielten, während vorübergehend auch 14 und selbst 15 Fufs gemessen wurden. Hierauf nahm sie auf 11 Fufs und 1834 sogar auf 10 Fufs ab. 1836 war sie 12 Fufs, in den nächsten Jahren aber wieder nur 10 bis 11 Fufs. 1840 ver-

Digitized by Google

gröfserte sie sich auf 14 Fufs und später bis Anfang 1855 bei vielfachen Schwankungen durchschnittlich auf 15 Fufs. Ohne Zweifel wurde diese dauernde Vertiefung zum Theil durch den damals so kräftig betriebenen Bau der Norder-Mole veranlafst.

Im März 1855 vertiefte sich bei der ganz ungewöhnlichen Entwässerung der Nogat das See-Gatt bis auf 22 Fufs. Hiervon ist bereits die Rede gewesen. Diese Tiefe erhielt sich aber nicht lange. 1858 bis Mitte 1863 mafs sie durchschnittlich nur 21 Fufs, alsdann bis 1865 nur 19, und darauf bis 1871 nur 17 bis 18 Fufs. Von dieser Zeit ab pflegt ein kräftiger und in grofse Tiefe eingreifender Dampfbagger, so oft es erforderlich ist und die Witterung es irgend erlaubt, die Barre zu durchbrechen, und hierdurch erklärt es sich wohl, dafs die Tiefe von 20 Fufs nicht nur wieder gewonnen ist, sondern bis zum Jahr 1879 auch mit sehr geringen Schwankungen sich dauernd erhalten hat.

Gewifs wird die Veränderlichkeit des See-Gatts sich wesentlich mäfsigen, vielleicht sogar ganz aufhören, sobald die Süder-Mole die südlichen Ausströmungen, deren die Situations-Zeichnung von 1877 sogar zwei zeigt, vollständig schliefst. Es ist auch mit Sicherheit zu erwarten, dafs nach Beendigung dieser Bauten, und sobald die Rinne neben der Norder-Mole sich ausgebildet hat, das See-Gatt nicht nur die Tiefe von 20 Fufs dauernd behalten, sondern wohl sich noch günstiger gestalten wird. Dabei mufs indessen vorausgesetzt werden, dafs die sonstigen Verhältnisse ungeändert bleiben, und nicht etwa, wie vorgeschlagen, die Nogat vollständig gesperrt wird. In diesem Fall würde das Haff den bedeutendsten Zufluſs verlieren, und in den Sommermonaten, wenn die See nicht leicht grofse Wassermassen hineintreibt, würde die dauernde Ausströmung sich wesentlich schwächen und das See-Gatt bedroht werden.

Im Jahr 1879 war die Norder-Mole in ihrer ganzen Länge im Unterbau, also in den Pfahlwänden, der Steinschüttung und der provisorischen Beschwerung derselben durch darüber gemauerte grofse Bétonblöcke beendigt, auch war der im Wasserspiegel 45 Fufs breite Kopf, auf den eine Leuchtbaake gestellt werden soll, durch eine gehörig verankerte Pfahlwand seeseitig geschlossen. Die hier gewählte Constructionsart wird gleichfalls

Digitized by Google

später beschrieben werden. Die Süder-Mole war dagegen in gleicher Art im Ganzen auf 200 Ruthen Länge ausgeführt, also bis zu dem Punkt, der in Fig. 145 A auf Taf. XXX mit der Jahreszahl 1879 bezeichnet ist. Mit der Uebermaurung beider Dämme war man auch so weit vorgegangen, als dieses mit Sicherheit geschehn konnte.

Zur Erhaltung der bedeutenden Tiefen im See-Gatt haben in den letzten Jahren ohne Zweifel die Baggerarbeiten mit beigetragen. Solche konnten freilich nur bei günstiger Witterung und ziemlich ruhiger See vorgenommen werden, doch zeigten sie sich insofern wirksam, als sie in den schmalen und hohen Sandrücken der Barre Rinnen eröffneten, die den Strom anzogen und durch denselben weiter ausgebildet wurden. So vertieften sie 1871 in kurzer Zeit das Gatt von 16 auf 19 Fufs. Gegenwärtig haben sie noch gröfsere Bedeutung gewonnen, seitdem der grofse Dampfbagger Namens Pillau erbaut ist, der durch die Dampfmaschine mittelst zweier Schrauben sich selbst fortbewegt, der also, wenn plötzlich ungünstige Witterung eintritt, ohne fremde Hülfe in den Hafen zurückkehrt, so dafs das Bugsirboot ausschliefslich zur Bergung der Prahme benutzt werden darf. Auch hebt er bis zur Tiefe von 22 Fufs den Grund aus.

Dabei mag erwähnt werden, dafs zum Hafenbau in Pillau nunmehr sogar acht, theils gröfsere und theils kleinere Dampfbagger gehören, die sowohl zur Vertiefung der neueren Hafenanlagen, und des Tiefs und See-Gatts, als auch in dem Fahrwasser nach Königsberg benutzt werden.

Als der Staat die Verwaltung des Hafens übernahm und die Eröffnung der Eisenbahn in Aussicht stand, wurde der Mangel an brauchbaren Anlegestellen und zwar neben solchen Ufern, wohin Zweigbahnen sich leicht führen liefsen, besonders lebhaft empfunden, und auf die Abstellung desselben Seitens der Kaufmannschaft vorzugsweise gedrungen. Wie bereits erwähnt, hatte der bisherige Verkehr diesen Mangel nicht fühlbar gemacht, da nur die mit Salz befrachteten Schiffe ihre Ladungen in das Magazin neben dem Graben löschten (dasselbe ist auf Taf. XXVIII mit dem Buchstaben *M* bezeichnet), während sonst das Ueberladen in Lichterfahrzeuge erfolgte. Wegen des bequemeren Verkehrs legten die Schiffe wohl stets an das Ufer an, doch

Digitized by Google

geschah dieses oft in drei Reihen hinter einander. Dasselbe erfolgte vorzugsweise in der Strecke zwischen der Hafenmündung und dem Graben, doch war im vordern Theil derselben seit 1855 der Wellenschlag zuweilen höchst unbequem und selbst gefährlich. Dazu kam noch, dafs eben daselbst diejenigen Schiffe liegen mufsten, welche Stückgüter einführten, und daher einer eingehenden Zollrevision unterlagen, so wie auch, dafs der Bootshafen bei *S* immer zugänglich bleiben mufste. In dieser Weise stand sonach dem Verkehr nur die kurze Strecke zwischen diesem Bootshafen und dem Graben frei und gerade hier ist die Uferstrafse noch nicht 2 Ruthen breit und wird aufserdem durch die Schiffshalter beschränkt, woher eine Eisenbahn nicht darauf gelegt werden konnte. Ihre Verbreitung verbot sich aber dadurch, dafs die daneben stehenden Häuser zu den bedeutendsten der ganzen Stadt gehörten.

Jenseit des Grabens befand sich die sogenannte Hafenschanze, Fig. 143 mit *T* bezeichnet, die sich an Erdwälle anschlofs, die bis zur Schiffbaustelle *P* sich ausdehnten. Obwohl hier die Erbauung eines kleinen hölzernen Speichers einst gestattet war, so wurde dennoch das Anlegen von Schiffen nicht erlaubt, auch fehlte es hier an Verbindungswegen auf dem Ufer. Auf der östlichen Seite des Hafens oder auf dem Russischen Damm wurde aber das Ufer, wie bereits erwähnt, vollständig von der Hafenbau-Verwaltung benutzt.

Der Graben ist auf der nördlichen Seite für gröfsere Schiffe noch zugänglich bis zu dem alten Schiffbau-Hafen, die südliche oder die Stadtseite wird aber vollständig von den Marktschiffen und den Lichterfahrzeugen in Anspruch genommen, die, um daselbst Platz zu finden, nicht langseitig, sondern quer gegen das Ufer liegen.

Unter diesen Verhältnissen entstand nach Eröffnung der Eisenbahn im Herbst und Winter 1866 die äufserste Verlegenheit. Es blieb nur übrig, das ankommende Getreide und andre Güter auf Wagen von der Eisenbahn nach dem Hafen zu fahren und die Kosten dieses Zwischen-Transports betrugen $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Silbergroschen für den Centner. Dazu kam noch, dafs in dem Hafen der Raum so beschränkt war, dafs die zu befrachtenden Schiffe in zwei Reihen hinter einander lagen, die Ladung also

Digitized by Google

über ein Schiff fort getragen werden mufste. Dadurch steigerten sich die Kosten noch mehr und die Gefahr lag nahe, dafs der Verkehr über Pillau als gar zu theuer aufgegeben werden möchte. Die Ueberführung der Güter konnte oft auch nicht schnell genug erfolgen, oder die Schiffe, welche sie laden sollten, waren noch nicht eingelaufen, während weder auf dem Bahnhof, noch in der Stadt grofse Magazine vorhanden waren. Alsdann mufste das Getreide oder andre Rohproducte unter freiem Himmel aufgeschüttet und Schnee und Regen ausgesetzt werden, während andrerseits die seeseitig einkommenden Güter in hohen Haufen über einander geschichtet auf dem Platz neben der Hafenmündung und zum Theil selbst in den anstofsenden Strafsen lagen.

Um diesem, schon früher vorgesehenen Uebelstande zu begegnen, war bereits vor der Eröffnung der Bahn der Bau einer Kaimauer vor dem Bahnhof auf Staatskosten begonnen, und 1867 auf 600 Fufs Länge beendigt, während davor schon früher die für grofse Schiffe erforderliche Tiefe hergestellt war. Hier bildete sich also in dem benannten Jahr eine bequeme Anlegestelle in Verbindung mit der Eisenbahn. Diese Mauer begann neben der Hafenschanze und endigte an der Stelle, wo später ein Krahn aufgestellt wurde, der in der Situations-Zeichnung Fig. 146. *A* auf Taf. XXXI mit *K* bezeichnet ist. Die Direction der Südbahn hatte aber die Verpflichtung übernommen, diese Mauer in der Richtung nach Alt-Pillau um 500 Fufs weiter fortzusetzen.

Hierdurch war indessen das Bedürfnifs keineswegs befriedigt. Bei Beginn des Winters liefen die grofsen Schraubendampfer gar zu zahlreich ein. Im Jahr 1868 geschah es sogar, dafs an einem Tage zwanzig derselben ankamen, während ihre durchschnittliche Länge 200 Fufs mafs. Sie sollten aber alle schleunigst gelöscht oder beladen werden, und zwar eben so schnell, als die Ladung vom Deck in den Raum oder umgekehrt geschafft werden konnte, und wenn dieses nicht geschah, so war dem Eigenthümer des Dampfboots für jeden Tag Verzögerung eine Entschädigung von mehren Hundert, bis 800 Thaler zugesichert. Hierdurch steigerten sich die Kosten wieder in hohem Grade und das Bedürfnifs einer weitern Ausdehnung der Anlegestellen wurde um so dringender.

Die Erbauung von Ladedämmen, die weit vor das Ufer

Digitized by Google

vortreten und mit Geleisen versehn sind, verbot sich hier, weil es an der nöthigen Tiefe fehlte, und diese nicht schnell genug hergestellt werden konnte. Die Anlegestellen aber noch weiter in der Richtung nach Alt-Pillau auszudehnen, was freilich später geschehn ist, erregte Bedenken, insofern die Eisdecke weiter aufwärts immer stärker wird und die hier eingerichteten Plätze während des Frostes nicht zu benutzen sein würden.

Der Vorschlag, die Eisenbahn nach dem Russischen Damm hinüberzuführen und das hafenseitige Ufer desselben wieder dem öffentlichen Verkehr frei zu geben, erwies sich als unausführbar, da einerseits kein Platz sich vorfand, wo die grofse Anzahl der zum Hafenbau gehörigen Fahrzeuge stationirt werden konnte, andrerseits aber auch die Fortification die Erlaubnifs zur Ueberführung der Eisenbahn damals unbedingt verweigerte.

Dagegen wurde schon im Sommer des Jahrs 1867 im Handels-Ministerium darauf hingewiesen, wie die Hafenschanze *T* (Fig. 143) einen grofsen Theil des Ufers am Hafen und am Graben dem öffentlichen Verkehr entzog, in fortificatorischer Beziehung aber von geringem Werth zu sein scheine, da sie an Privatpersonen verpachtet werde. Der Vorschlag, dieselbe zu beseitigen, wurde bald darauf von der Königsberger Kaufmannschaft dringend unterstützt. Die betreffenden Verhandlungen mit den Militärbehörden schienen Anfangs ganz erfolglos, es wurde sogar nicht genehmigt, die Eisenbahn neben dem Fort nach der Holzwiese oder auf das nördliche Ufer des Grabens zu führen. Anfangs 1869 kam jedoch ein Vertrag zu Stande, wonach die Hafenschanze gegen eine mäfsige Entschädigung, behufs Verstärkung andrer Werke, aufgegeben wurde. Sowohl die Königsberger Kaufmannschaft wie auch die Direction der Südbahn erklärten sich bereit, einen Theil der Kosten dieser Entschädigung zu tragen. Die Uebergabe des Terrains an die Hafen-Verwaltung verzögerte sich indessen noch vier Jahre. Die Erbauung der Kaimauern davor in Verbindung mit derjenigen an der nördlichen Seite des Grabens war inzwischen schon nachgegeben, und sonach wurde 1873, wie die Situation auf Taf. XXXI, Fig. 146 *A* zeigt, die Eisenbahn auf beiden Seiten des Forts bis zur Holzwiese fortgeführt.

Hiernach waren allerdings Anlegestellen für Schiffe in Ver-

Digitized by Google

bindung mit Eisenbahnen geschaffen, doch entsprachen sie noch keineswegs dem gegenwärtigen Bedürfnifs. In den zwanzig Jahren von 1853 bis 1873 hatte die Anzahl der einkommenden Schiffe sich ungefähr verdoppelt, das Gewicht der beförderten Güter sich aber verfünffacht, und dabei vertheilte sich der Schiffsverkehr nicht gleichmäfsig über das ganze Jahr. Im Sommer war derselbe überaus schwach, und hörte beinahe ganz auf, während er im Beginn des Winters zu diesem hohen Maafs sich ausdehnte. Die Kaufmannschaft machte aufserdem darauf aufmerksam, dafs im Jahr 1872 die Südbahn bis zu dem wichtigen Knotenpunkt der Russischen Bahnen Brest-Literosk geführt sei, und dadurch der Verkehr über Pillau bis Moskau und Odessa sich ausdehnen könnte. Eine wichtige Concurrenz mit Pillau wurde indessen zu dieser Zeit durch den von der Russischen Regierung unternommenen Ausbau des Hafens Libau eröffnet. Derselbe ist freilich nicht in gleichem Maafs, wie Pillau, doch unter den Russischen Häfen an der Ostsee am längsten eisfrei, und er gewinnt einen wesentlichen Vorzug vor Pillau dadurch, dafs die Frachtsätze auf den zu ihm führenden Bahnen viel niedriger gestellt sind, als auf denjenigen, die sich an die Preufsischen Bahnen anschliefsen. Die Abnahme des Pillauer Verkehrs im Jahr 1878 gab dieses schon zu erkennen, doch darf nicht unerwähnt bleiben, dafs die Zugänglichkeit zum Hafen Libau keineswegs gesichert ist. Kein Strom, oder gröfserer Binnensee liegt neben ihm, das See-Gatt über die Barre kann daher nur durch Baggern offen erhalten werden. Wenn dieses aber auch im Sommer vollständig geschehn ist, und es verflacht sich bei den Herbststürmen, so ist der Hafen während des Winters gesperrt, da keine durchgehende Strömung dasselbe aufs Neue vertieft, und die Bagger nur bei günstiger Witterung in Thätigkeit gesetzt werden können.

Um bei Pillau in kurzer Zeit noch einige Ladestellen zu gewinnen, wurde, wie die Situations-Zeichnung nachweist, die Ufer-Einfassung vor dem Bahnhof noch weiterhin nach Alt-Pillau fortgesetzt, doch nicht durch eine Mauer, sondern nur durch ein Bohlwerk. Gleichzeitig wurde auch eine Rinne davor ausgehoben, damit gröfsere Schiffe daneben anlegen könnten.

Die Anlegestellen neben dem Hafen maassen nunmehr vor Eisenbahnen:

Digitized by Google

An der Kaimauer vom Graben bis zum Krahn 88 Ruthen;

An den hieran sich anschliefsenden Steinböschungen vor Spundwänden 37 Ruthen;

Und weiterhin bis gegen Alt-Pillau an Bohlwerken 212 Ruthen.

Dazu kommt noch die 70 Ruthen lange Kaimauer an der Nordseite des Grabens.

Es ist schon oben angedeutet, dafs aufser den so eben bezeichneten Mängeln noch eine Anzahl anderer bestand, die bei dem zunehmenden Verkehr unbedingt beseitigt werden mufsten. Der vorhandene Hafen, soweit er hinreichende Tiefe hatte und gewöhnlich eisfrei blieb, war zu klein und seine Mündung für die nunmehr einkommenden Schiffe zu enge. Ein abgeschlofsner Petroleum-Hafen mufste eingerichtet werden, eben so auch ein bequemer Ballastplatz, ein abgesonderter Hafenbau-Hafen und geräumige Kohlenplätze neben dem Hafen. In letzter Beziehung mag erwähnt werden, dafs zur Versorgung der vielen Dampfschiffe und bei dem gänzlichen Mangel an Raum auf den Ufern, alte Schiffe als Kohlenmagazine benutzt wurden, denen aber keine festen Liegestellen angewiesen werden konnten, die vielmehr immer bemannt bleiben, und so oft sie den Verkehr im Hafen behinderten, verholt werden mufsten.

Zur Befriedigung dieser verschiedenen Bedürfnisse war die Anlage eines zweiten, ganz neuen und zwar sehr ausgedehnten Hafens nothwendig. Von den verschiedensten Seiten wurden in Bezug desselben Vorschläge gemacht und Projecte aufgestellt, die mit einer einzigen Ausnahme in den wesentlichsten Punkten unter einander und mit demjenigen Project übereinstimmten, dessen Ausführung genehmigt, und seit mehreren Jahren bereits begonnen ist. Die Situations-Zeichnung Fig. 146. *A* auf Taf. XXXI stellt dasselbe dar, und zwar in den als Ufer bezeichneten Linien, so weit es Ende 1879 ausgeführt ist, während die ausgezogenen Linien den noch fehlenden Theil des genehmigten Projects darstellen. Nach der Gestaltung des Terrains liefs sich auch in der That keine andre Anordnung treffen, wenn man nicht gar zu kostbare Aenderungen einführen und den gröfsten Theil des Russischen Damms abgraben und in ein tiefes Hafenbassin verwandeln wollte.

Digitized by Google

Nach diesem Project soll auf der Südseite des Russischen Damms, also im Haff, ein ausgedehntes Bassin, in der Zeichnung Vorhafen genannt, umschlossen werden. In demselben ankern diejenigen Schiffe, welche nicht unmittelbar ihre Ladungen auf die Eisenbahn löschen, oder solche von dieser aufnehmen, also namentlich diejenigen, die Lichterfahrzeuge gebrauchen. Auch liegen hier Schiffe, die zum Abgange in See oder in das Haff bereit sind, und durch ungünstige Winde oder aus andern Gründen zurückgehalten werden. Wenn sie von hier nach Königsberg aufgehn, müssen sie freilich noch etwas weiter westwärts steuern als bisher, um nach der Renne zu gelangen, die Kaufmannschaft erklärte aber diesen Uebelstand für unerheblich.

Durch das weite Vortreten des Umschliefsungs-Damms erwartet man, besonders wenn das Ufer vor Pillau nach der punktirten Linie noch vorgeschoben sein wird, sowohl den eingehenden, wie den ausgehenden Strom passender aus dem Tief in die Renne oder umgekehrt zu leiten. Dieser Damm ist indessen dem vollen Andrange des Eises aus dem Elbinger Haff ausgesetzt, und eine Pfahlwand vor demselben würde wahrscheinlich in noch höherem Grade, als bisher das hohe Bohlwerk, der Zerstörung ausgesetzt sein. Es ist also Absicht, ihn auf der äufsern Seite durch eine gehörig befestigte Steindossirung zu schützen, die bis über den gewöhnlichen Wasserstand hinaufreicht. Auf der Hafenseite wird der Damm durch eine steile Pfahlwand begrenzt, an welche die Schiffe unmittelbar anlegen können. Sollte aber der Verkehr es verlangen, so würde auch durch Ueberbrückung der Verbindung zwischen dem Petroleum- und dem Vorhafen die Eisenbahn auf diesem Damm sich fortsetzen lassen.

An den Vorhafen schliefst sich der Petroleum-Hafen an, der nach dem ursprünglichen Project nur mit dem Vorhafen in Verbindung stehn, aber sonst keinen besondern Zugang haben sollte. Vor Kurzem ist indessen das Project in der Art geändert, wie die Zeichnung angiebt. Dieser Hafen wird also eine besondre und zwar offne Mündung nach dem Tief erhalten, so dafs die Petroleum-Schiffe mit den im Vorhafen liegenden gar nicht in Berührung kommen dürfen. Nichts desto weniger wurde eine Verbindung zwischen beiden Häfen doch für nothwendig erachtet, dieselbe wird indessen durch ein Floſs geschlossen werden, welches

Digitized by Google

das Ausfliefsen des brennenden Petroleums verhindert. Die Einfuhr des Petroleums hatte sich aufserordentlich ausgedehnt. Im Jahr 1875 liefen 71 Schiffe mit 110 500 Fässern ein. In den letzten Jahren haben freilich die ungünstigen Tarife auf den Russischen Bahnen eine bedeutende Verminderung veranlafst, nichts desto weniger bleibt noch immer die sichere Entfernung dieser Schiffe von den übrigen geboten. Zunächst wurde vorgeschlagen, einen solchen Hafen zwischen dem Hafen und Alt-Pillau, also an der Stelle, wo gegenwärtig das Kai mit der Eisenbahn hinter dem Bohlwerk liegt, einzurichten. Hierzu konnte indessen die Genehmigung nicht ertheilt werden, da besorgt wurde, ein ohnfern belegenes Pulvermagazin möchte dabei gefährdet werden. Eine provisorische Umschliefsung der Petroleum-Schiffe durch feuersichere und mit einander scharf verbundene Flöfse, wie solche in Marseille benutzt werden, erschien nicht genügend, und es blieb nur übrig, den Petroleum-Hafen in den neuen Vorhafen zu legen. Fortificatorische Rücksichten verbieten freilich, daneben Gebäude, also Magazine zu errichten, doch sind diese nach der Aeufserung der Kaufmannschaft hier entbehrlich, da solche bei Königsberg bereits eingerichtet sind, und das in Pillau eingeführte Petroleum unmittelbar in Lichterfahrzeuge oder in Eisenbahnwagen verladen werden kann.

In dem Vorhafen ist ferner an den Russischen Damm anschliefsend eine Fläche bereits angeschüttet, welche den Ballast-Platz bilden soll. Mit der Anschüttung des gebaggerten Bodens wird daneben noch fortgefahren, weil es Absicht ist, wie die Zeichnung ergiebt, den Bauhof mit den zugehörigen Werkstädten, Werften, Hellingen u. dgl. hieher zu verlegen, und zugleich den daneben befindlichen Theil des Vorhafens ausschliefslich als Liegeplatz für die zum Hafenbau gehörigen Fahrzeuge zu benutzen. Indem aber voraussichtlich Materialien und Maschinen auf der Eisenbahn den Werkstätten zugeführt werden, so soll später auch die Verbindung derselben mit dem Bauhof dargestellt werden.

Bei dieser Anordnung wird das östliche Ufer des alten Hafens frei und kann dem öffentlichen Verkehr übergeben werden. Dabei ist auch die Möglichkeit vorbehalten, die Eisenbahn an dasselbe heranzuführen. Auf diesem Ufer dürften zugleich die

Digitized by Google

Kohlenmagazine ihre Stelle finden, die man ursprünglich in den Vorhafen verlegen wollte, woselbst aber der dazu erforderliche Raum nicht gewonnen werden konnte.

Endlich ist noch die Erhaltung einer Untiefe, auf welche die mit starker Fahrt einkommenden Schiffe auflaufen können, oder einer Moderbank im Vorhafen in Aussicht genommen.

Die Verbindung dieses Hafens mit dem sehr grofsen Bassin hinter dem alten Hafen, das aber grofsentheils wegen mangelnder Tiefe noch nicht benutzt werden kann, stellte sich gleich beim Beginn des Baues als nothwendig heraus. Der bei Vertiefung der Rinnen vor den Kais gewonnene Boden wurde zu den Anschüttungen neben dem neuen Hafen benutzt, und es mufste daher der alte Steindamm, der den Russischen Damm mit dem Ufer vor Camstigal verbindet, durchbrochen und ein Fahrwasser hier dargestellt werden, durch welches die beladnen Baggerprahme geführt werden konnten. Dasselbe ist, wie die Figur zeigt, durch eine Drehbrücke überspannt.

Um den Russischen Damm und den Petroleum-Hafen mit der Südbahn zu verbinden, soll in der durch scharfe Striche bezeichneten Linie die Bahn hinübergeführt werden. Zum Theil wird dieselbe den alten Steindamm verfolgen, doch mufste sie zum Theil darüber hinaus verlegt werden, um Krümmungen darzustellen, die noch mit Locomotiven befahren werden können. Ein Theil dieser Dammschüttungen ist bereits ausgeführt.

Die Schiffbau-Stelle, die schon seit einigen Jahren durch Anschüttungen vor dem Dorfe Wogram gebildet und benuzt ist, durfte durch die Eisenbahn nicht vom Hafen getrennt werden. Es sind einige Hellinge darauf eingerichtet, so wie auch eine Kielbank nebst Kielgraben. Eine vertiefte Rinne verbindet sie mit dem hintern Theil des Hafens und die Mittellinie derselben ist durch zwei Baaken auf der Baustelle bezeichnet.

Der theils aus Steinkisten und theils aus Senkstücken und Pfahlwänden gebildete Damm am Eingange des alten Hafens besteht zur Zeit (Ende 1879) noch, sobald der Vorhafen umschlossen sein wird, soll er aber beseitigt werden. Die Mündung des Vorhafens erhält nach dem bereits genehmigten Project die bedeutende Weite von 40 Ruthen und es ist wohl zu besorgen, dafs bei heftigen Westwinden die von der See aus einlaufenden Wellen nicht nur

Digitized by Google

in diesem, sondern auch in dem alten Hafen solche Bewegung veranlassen werden, dafs die daselbst liegenden Schiffe in Gefahr kommen. Hiernach wird ohne Zweifel das Bedürfnifs sich bald herausstellen, auch den andern, bereits in Aussicht genommenen Theil des Projects zur Ausführung zu bringen. Dieser ist durch die punktirten Linien angedeutet, und bezieht sich darauf, das Ufer vor der Stadt Pillau etwa 30 Ruthen weit in das Tief hinauszuschieben. Der hierdurch zu gewinnende Raum ist gewifs um so werthvoller, als fortificatorische Rücksichten jede andre Erweiterung der Stadt verbieten, doch wird die neue Ufer-Einfassung, die nur eine Kaimauer sein kann, bedeutende Kosten veranlassen, da sie nicht nur dem heftigen Andrange des Eises widerstehn mufs, sondern auch voraussichtlich grofse Tiefen davor sich bilden werden.

Digitized by Google

Achter Abschnitt.

Ausführung der Hafendämme.

Digitized by Google

Digitized by Google

§ 54.

Profile der Hafendämme.

Die Construction der Hafendämme hängt wesentlich von den Profilen derselben ab. Ueber diese sind bereits § 40 verschiedene Mittheilungen gemacht, doch sind dabei in Betreff der Ausführung noch mehrfache Ergänzungen erforderlich.

Hat der Hafendamm keinen andern Zweck, als die ausgehende Strömung zu begrenzen und zusammenzuhalten, so genügt es, wenn er nur den mittlern Wasserstand überragt, rührt die Strömung aber von der Spülung her, und tritt sie daher nur zur Zeit des niedrigen Wassers der Springfluthen ein, so ist selbst diese Höhe der Krone nicht erforderlich, und der Damm oder die Mole erhebt sich zuweilen in diesem Fall nur wenig über die daneben liegenden Watte oder Sandbänke. Beispiele dieser Art finden sich mehrfach an der Französischen Seite des Canals. Die Mündung des kleinen Hafens von Gravelines ist mit solchen niedrigen Dämmen eingefafst, und ein solcher setzt sich auch vor Boulogne in der Richtung des östlichen Hafendamms fort. Dabei tritt indessen die Gefahr ein, dafs beim Einsegeln entweder die Marken, welche die Ausdehnung und Lage des Damms bezeichnen, in der Dunkelheit oder bei ungünstiger Witterung nicht deutlich erkannt werden, oder dafs auch wohl die heftige Küstenströmung, die über den Damm fortgeht, die Schiffe darauf wirft. Endlich kommt noch hinzu, dafs man von solchem niedrigen Damm aus den ein- und ausgehenden Schiffen keine Hülfe leisten kann, was häufig als wesentliches Erfordernifs erachtet wird.

Will man dieses letzgenannte Bedürfnifs berücksichtigen, so mufs der Hafendamm sich über das höchste Wasser erheben, und auch gegen das Ueberschlagen der Wellen gesichert sein.

Digitized by Google

Zu diesem Zweck wird er, wenn er massiv ist, mit einer hinreichend hohen und starken Brustmauer versehn, die bei Englischen Häfen fast nie fehlt. Die Wassermasse der anlaufenden Welle, wenn sie wegen des flach aufsteigenden Grundes auch bereits zum Theil aus der kreisförmigen in die fortschreitende Bewegung übergegangen ist, nimmt vor der senkrecht ansteigenden Brustmauer, wenn nicht schon vor der steilen Fläche des Hafendamms, die verticale Richtung an, und erhebt sich, wie § 6 mitgetheilt wurde, bei heftigen Stürmen und bei freier Lage des Hafens bis 100 Fufs. Das Herabstürzen dieser Wassermassen macht freilich das Betreten des Damms, unerachtet der Brustmauer, zuweilen unmöglich. Letztere verhindert aber jedenfalls das Ueberlaufen der Wellen, gestattet also unter etwas günstigeren Verhältnissen den Zugang, der ohne die Brustmauer schon bei mäfsigem Wellenschlage gefährlich wäre.

In den Französischen Häfen am Canal hat man diese Aufgabe in andrer Art gelöst. Die massiven Dämme, welche den Spülstrom bis über das Watt hinausleiten, sind nämlich, obwohl zuweilen durch Steinpackung erhöht, im Allgemeinen nur niedrig gehalten, darüber erhebt sich aber eine hölzerne Ueberbrückung, auf der nicht nur die Mannschaft sich bewegt, welche die Schiffe einbringt, sondern an die auch die Packetböte anlegen, und woselbst die Reisenden, so wie auch leichte Güter aufgegeben und abgesetzt werden. Die Brücken sind mit Bohlen belegt, damit diese aber nicht von den darunter tretenden Wellen zerstört werden, müssen sie so hoch liegen, dafs die Scheitel der Wellen sie nicht erreichen. Unter allen Wirkungen, die der Wellenschlag ausübt, ist keine so überraschend und so mächtig, als der Stofs in der Richtung von unten nach oben gegen horizontale Flächen. Nicht nur Bohlen werden dadurch, wenn sie auch aufgenagelt sind, zerrissen und ausgehoben, sondern selbst Balken zerbrechen dabei. Solche Brücken pflegt man daher 10 Fufs über den höchsten bekannten Wasserstand zu legen, und dennoch wird an den Stellen, wo die Wellen ungeschwächt eintreten, der Belag nicht aus Bohlen, sondern aus hochkantigen und in den untern Flächen zugeschärften Latten dargestellt, die sich nicht berühren, sondern 2 bis 3 Zoll weite Zwischenräume zwischen sich offen lassen. Namentlich geschieht dieses, wenn verschiedene

Digitized by Google

Böden unter einander liegen, die durch Treppen in Verbindung stehn, und zum Ein- und Aussteigen der Reisenden bei niedrigeren Wasserständen dienen.

Dafs der Hafendamm auf der innern Seite steil ansteigt, damit die Schiffe unmittelbar daneben anlegen können, ist als eine nothwendige Bedingung anzusehn, obwohl in unsern Häfen diese Forderung früher unbeachtet blieb. Lassen die Molen zwischen sich einen weiten Raum frei, und liegt das tiefste Fahrwasser ungefähr in der Mitte, wie dieses vor Pillau der Fall war, wo die Schiffe wegen der davor liegenden Sandbänke sich den Hafendämmen doch nicht nähern dürfen, so ist es in dieser Beziehung ziemlich gleichgültig, ob die Molen auf der innern Seite steil ansteigen, oder mit flacher Böschung versehn sind. Wenn die Dämme aber unmittelbar neben dem Fahrwasser liegen, wie in Swinemünde, in den Hinter-Pommerschen Häfen und in Danzig, so sind flache Böschungen nicht angemessen. Man hilft sich alsdann damit, dafs man an den Fufs der Steinböschungen sogenannte Gordungswände stellt. Eine solche besteht aus einer Reihe starker Pfähle, die eine leichte Laufbrücke tragen. Die Reparaturen derselben wiederholen sich aber sehr häufig, indem die Schiffe beim Einlaufen, namentlich bei starkem Wellenschlag und wenn das Fahrwasser enge ist, dagegen stofsen. Besonders in den Hinter-Pommerschen Häfen, die unmittelbar an der offenen See liegen, wiederholten sich fast jährlich diese Beschädigungen, und es kam sogar vor, dafs hohe Wellen die Schiffe zwischen die Gordungswand und die Mole warfen.

Die flachen Böschungen, die gewöhnlich mit dreifacher, und nicht selten sogar mit noch stärkerer Anlage sanft ansteigen, waren in der frühesten Zeit unbekannt. Sie lassen sich nur durch Steinschüttung darstellen, und gewifs würden sie ohne die mechanischen Hülfsmittel, die man heutiges Tags beim Transport der Felsmassen benutzen kann, übermäfsig kostbar geworden sein. Man sucht indessen in ältern Schriften vergeblich nach einer Aeufserung, welche solche flache Böschung als zweckmäfsig oder als besonders widerstandsfähig bezeichnet. Belidor, der die steil ansteigenden Hafenmauern und hölzernen Hafendämme beschreibt, erwähnt zwar auch der Faschinendämme bei Dünkirchen, doch erheben sich diese auf der Hafenseite ganz steil, und auf

Digitized by Google

der Seeseite haben sie im untern Theil, wo sie am flachsten gehalten sind, nur ein und einhalbfache Anlage.

Die Dämme, welche im sechszehnten Jahrhundert zum Abschlufs des Hafens von Dover ausgeführt wurden, bestanden aus zwei Pfahlreihen, wozwischen man Steine schüttete. Bei Ramsgate wurden im Jahr 1749 die massiven und senkrechten Hafenmauern in Senkkasten ausgeführt. Als der Bau des Wellenbrechers bei Cherbourg begann, sprach sich de Cessart unbedingt gegen den Vorschlag aus, eine Steinschüttung dabei zu versuchen. Er meinte, der Angriff der See sei gegen eine solche zu heftig, man könne den Wellenschlag nur brechen, wenn eine Reihe von Körpern aufgestellt würde, die sich steil aus der Tiefe erheben. Andrerseits war für diesen Bau auch das Versenken von Schiffen vorgeschlagen. Dieses Verfahren hatte schon vielfach Anwendung gefunden, da es grofse Bequemlichkeit bietet und verhältnifsmäfsig wenig kostbar ist. Die Mündung des Hafens von Cuxhaven ist auf der westlichen Seite in solcher Weise gesichert, und der Kopf führt noch heutigen Tags den Namen des darunter liegenden Schiffs: die alte Liebe. Auch in der Geschichte der verschiedenen Tiefe zwischen dem Frischen Haff und der Ostsee, so wie bei Gelegenheit des ersten Vorschlags zum Molenbau bei Pillau ist vom Versenken von Schiffen mehrfach die Rede. In späterer Zeit war dagegen in Pillau wie in allen Häfen längs der Preufsischen Küste der Bau mit Steinkisten üblich geworden. Die nähere Beschreibung derselben wird im Folgenden gegeben werden, hier wäre nur zu bemerken, dafs sie allerdings keinen ganz geregelten Bau darstellen, auch leicht in der Oberfläche beschädigt werden, und alsdann der Instandsetzung bedürfen. Es fehlt selbst nicht an Beispielen, wie in Colbergermünde geschah, dafs sie ganz durchbrochen wurden. Nichts desto weniger haben sie sich im Allgemeinen auffallend besser gehalten, als die später bei uns eingeführten flachen Steinschüttungen über Senkstücken, und dabei waren sie sowohl in der ersten Anlage, wie in der Unterhaltung weniger kostbar, als diese.

Schon bei Beschreibung des Wellenbrechers vor der Cherbourger Bucht wurde darauf hingewiesen, dafs dieser Bau wiederholentlich einen vollständigen Umschwung in den Grundsätzen des Hafenbaues veranlafste. Die Kegel, welche zunächst all-

Digitized by Google

gemeines Aufsehn erregt hatten, wurden sehr bald zerstört, und um ihre Reste zu sichern, und zu verhindern, dafs dieselben sich nicht in eine Reihe gefährlicher Klippen verwandeln möchten, blieb nur übrig, darüber und dazwischen Steine zu schütten. Beim Auflaufen der Wellen nahm diese Steinschüttung zwar eine andre Form an, doch ergaben die wiederholten Messungen, dafs ihr Profil an allen Stellen sich ziemlich gleichmäfsig gestaltete, auch im Lauf der Zeit nicht wesentlich sich veränderte. Hiernach glaubte man die Entdeckung gemacht zu haben, in welcher Weise ein Damm gegen Zerstörungen durch Wellenschlag gesichert werden könne.

Als man daher in der Bucht von Plymouth einen Wellenbrecher erbauen wollte, wurden die bisher bei Cherbourg gemachten Erfahrungen dem Project zum Grunde gelegt. Der Bau begann 1812.

Bald darauf kamen die Molen vor Swinemünde zur Ausführung, und wenig später auch die südliche vor Pillau. Es kann nicht auffallen, dafs man den Ansichten der Englischen Ingenieure, die einen so grofsartigen Bau unternahmen, auch bei uns sich anschlofs. Der Kostenpunkt machte indessen einige Aenderungen dringend nothwendig. Eines Theils wurde die Böschung etwas steiler gehalten, andern Theils auch die Steinmasse dadurch vermindert, dafs man den Kern des Werks aus Faschinen bestehn liefs. In der letzten Beziehung schlofs man sich dem Vorschlage an, den schon am Ende des vorigen Jahrhunderts der Russische Ingenieur-Major Creutz gemacht hatte*), indem er, auf die Erfahrungen in Holland gestützt, die Anwendung der Senkstücke auch bei Seebauten empfahl.

Die Versuche, auf dem Cherbourger Damm Batterien und ähnliche Bauten aufzuführen, mifsglückten indessen jedesmal, und Fouques-Duparc machte schon 1829 darauf aufmerksam, dafs der ganze Damm, obwohl seine Form dieselbe blieb, in steter Bewegung sei und langsam von den Wellen zurückgedrängt werde. Die Erscheinung ist genau dieselbe, wie die der wandernden

*) Vergleichung der verschiedenen Bauarten der Hafendämme u. s. w. von J. F. Creutz, übersetzt aus dem Französischen und mit Anmerkungen begleitet vom Geh. Oberbaurath D. Gilly. Berlin 1796.

Digitized by Google

Dünen. Die Steine der seeseitigen Böschung werden einzeln über die Krone fort geschleudert und fallen auf der Binnenseite nieder. Dieselbe Erfahrung machte man auch bei Plymouth. Hier versuchte man den Beschädigungen dadurch zu begegnen, dafs man den ganzen Damm, soweit er bei den niedrigsten Ebben trocken wird, mit schweren Quadern abpflasterte, und in dieser Weise die auflaufende Welle verhinderte, auf irgend einen Stein einen starken Angriff auszuüben. Ob dadurch wirklich dem Ausheben einzelner Blöcke Einhalt geschehn, ist nach den verschiedenen Aussagen von Sachverständigen, die im Auftrage des Parlaments darüber vernommen wurden, mehr als zweifelhaft. Jedenfalls steht es aber fest, dafs der Bau hierdurch keineswegs gesichert worden ist. Auf den Theil der Böschung, der wegen seiner niedrigen Lage nicht abgepflastert werden konnte, übten nämlich nach wie vor die Wellen ihren zerstörenden Einflufs aus, und sobald in solcher Weise das Pflaster seine Unterstützung verlor, lösten sich aus demselben die einzelnen Quadern und folgten den andern Steinen. Um wenigstens grosse Blöcke nicht in die innere Bucht fallen zu lassen, hat man eine starke Kette der Länge nach über die Krone gezogen, welche die Steine hier zurückhält. Nach jedem Sturm liegen diese in grofser Anzahl vor der Kette, und werden alsdann, soviel es geschehn kann, wieder an ihre frühere Stelle gebracht.

Die bereits § 40 mitgetheilte Auslassung der Englischen Admiralität über die Hafendämme in Irland schliefst sich den bei Plymouth und Cherbourg gemachten Erfahrungen vollständig an. In Cette sah ich, dafs an beiden Enden des Wellenbrechers ausgedehnte Steinriffe sich gebildet hatten, die weit in die geschützte Bucht vortraten. Dieselben bestanden aber aus den Steinen, die früher zur Darstellung der flachen Böschung benutzt waren. Auch in unsern Ostsee-Häfen wiederholt sich dieselbe Erscheinung. Geschiebe von 40 Cubikfufs und selbst Béton-Blöcke von einer halben Schachtruthe Inhalt wurden sowohl über die Dammkronen geworfen, als auch bei andrer Richtung des Windes zur Seite der Dämme fortgeschoben.

Diese grofsen Uebelstände, so wie die Unmöglichkeit, flache Steinböschungen gegen den Wellenschlag zu sichern, wurden beim Ausbau des Cherbourger Wellenbrechers als solche anerkannt, und

Digitized by Google

hier kam zuerst die Ansicht zur Geltung, dafs nur senkrechte, oder nahe senkrechte Mauern die nöthige Widerstandsfähigkeit besitzen. Diese Auffassung hat gegenwärtig in Frankreich, wie in England allgemein Eingang gefunden, man hat sich wenigstens davon überzeugt, dafs nur solche Mauern das Forttreiben der Steine aus den anschliefsenden Schüttungen verhindern können. In Cherbourg, wie in Cette sind senkrechte Mauern auf die Steinschüttungen der alten Wellenbrecher gestellt, und wenn diese Schüttungen durch Senkung auch noch zu manchen Beschädigungen der Mauern Veranlassung geben, so haben die Mauern doch dem Stofs der Wellen widerstanden. Bei der grofsartigen Hafen-Anlage vor Marseille sind solche Mauern sogleich zur Ausführung gekommen. Eben dasselbe ist in England geschehn, wo die riesenmäfsigen Bauten bei Dover, Holyhead und Portland auf dem Princip der steilen Hafenmauern beruhn, und bisher keine Erscheinung gezeigt haben, welche gegen dasselbe Zweifel erwecken könnte. Dabei mag auch an die Erfahrung erinnert werden, dafs auf der Nordseite des Pillauer Tiefs das einfache Bohlwerk niemals in ähnlicher Weise zerstört worden ist, wie die daneben befindlichen Steinböschungen, die vielfach bei heftigen Stürmen zusammenstürzten.

Die Erklärung dieser Erscheinungen liegt sehr nahe, und begründet sich in der oben (§ 2) entwickelten Wellentheorie. Die Geschwindigkeit, mit der in der frei schwingenden Welle das im obern Scheitel derselben befindliche Wassertheilchen sich bewegt, würde der Geschwindigkeit der Welle gleich sein, wenn diese sich vollständig entwickelt hätte, oder ihr Längenprofil die gewöhnliche Cycloïde mit den scharf zugespitzten Scheiteln darstellte. In diesem Fall würde die ganze Höhe der Welle, vom untern bis zum obern Scheitel gemessen, sich zur Länge der Welle oder dem Abstande zweier obern Scheitel, wie der Durchmesser zum Umfange des Kreises verhalten. Aber selbst alsdann hätte nur dasjenige Theilchen, welches die Oberfläche bildet, diese Geschwindigkeit, während die darunter befindlichen sich langsamer bewegten.

Die Welle bildet sich indessen in der Wirklichkeit niemals so vollständig aus, und ihr Längenprofil bleibt immer eine gestreckte Cycloïde. Nach der Messung von Scoresby war bei

Digitized by Google

einem sehr heftigen Sturm im Atlantischen Ocean die Höhe der Welle nur dem zwanzigsten Theil ihrer Länge gleich. Nach andern Messungen stellte sich das Verhältnifs etwas gröfser heraus, so dafs die Höhe durchschnittlich dem zwölften Theil der Länge gleich kam. Nennt man dieses Verhältnifs n, so dafs unter Beibehaltung der in § 2 gewählten Bezeichnung

$$n = \frac{\lambda}{2\varrho},$$

so ist

$$\frac{\varrho}{r} = \frac{\pi}{n}$$

und wenn v die Geschwindigkeit des Wassertheilchens in der Oberfläche des Scheitels und c die der Welle bedeutet, so folgt

$$v = \frac{\pi}{n} c \quad .$$

Es ergiebt sich hieraus, dafs v immer nur ein kleiner Theil von c ist.

Setze ich

$n = 20$	so ist	$v = 0{,}157 \,.\, c$
$= 18$		$= 0{,}174 \,.\, c$
$= 15$		$= 0{,}209 \,.\, c$
$= 12$		$= 0{,}261 \,.\, c$

Innerhalb dieser Grenzen, welche wahrscheinlich die äufsersten vorkommenden Fälle umfassen, ist also die Geschwindigkeit des Wassertheilchens nur ein Sechstel bis ein Viertel von der der Welle.

Mache ich ferner die Voraussetzung, dafs bei den stärksten Stürmen in der Ost- und Nordsee die ganze Höhe der frei schwingenden Wellen 12 Fufs beträgt, oder $\varrho = 6$ ist, so ergeben sich für die vorstehenden Werthe von n die folgenden Geschwindigkeiten:

$n = 20$	$c = 34{,}56$ Fufs	$v = 5{,}43$ Fufs
$= 18$	$= 32{,}78$ -	$= 5{,}72$ -
$= 15$	$= 29{,}93$ -	$= 6{,}27$ -
$= 12$	$= 26{,}77$ -	$= 7{,}01$ -

Indem die Welle mit der Geschwindigkeit des Eilzugs auf einer Eisenbahn fortschreitet, so bewegt sich das Wassertheilchen in der Oberfläche nur mit der Geschwindigkeit eines Fufsgängers, und

Digitized by Google

in der gröfseren Tiefe ist sie noch geringer. Diese sehr mäfsige Geschwindigkeit v ist es nun, welche den Stofs gegen einen steilen Hafendamm bedingt.

Wenn dagegen die Welle eine flache Böschung ansteigt, und die regelmäfsigen kreisförmigen Schwingungen aufhören, so nimmt die ganze Wassermasse die Geschwindigkeit der Welle oder den Werth von c an, und wenn dieser wegen der Reibung sich auch etwas vermindert, so bleibt er dennoch immer viel gröfser, als derjenige von v. Ein Stein, der auf der flachen Böschung liegt, wird sonach viel heftiger gestofsen, als wenn er in einer steilen Mauer von der regelmäfsig schwingenden Welle getroffen wird.

Hierzu kommt noch ein andrer eben so wichtiger Umstand. Der Stein, der in der Oberfläche der flachen Böschung liegt, ist, wenn er nicht etwa sorgfältig versetzt wurde (was unter Wasser doch nicht geschehn kann), ganz frei. Er wird durch keinen andern Stein überdeckt, und die Stützung, die er von demjenigen erfährt, an welchen er sich lehnt, ist keineswegs vollständig. Er kann daher dem Stofs keinen kräftigen Widerstand entgegensetzen, und wird von der Welle leicht gefafst und fortgeschleudert. Ganz anders verhält es sich mit einem Stein in der steilen Hafenwand. Auf diesem liegen andre, die ihn drücken und dadurch seine Bewegung verhindern. In der obern Schicht findet dieses freilich nicht mehr statt, aber diese mufs in solcher Höhe sich befinden, dafs der Stofs der Wellen sich daselbst schon sehr mäfsigt, oder ganz aufhört. Sind die Steine, wie doch immer geschieht, in vollen Fugen und in gehörigem Verbande vermauert, so sind sie um so mehr gesichert, und Beschädigungen pflegen alsdann gar nicht, oder doch nur in geringem Maafs vorzukommen.

Wenn man verschiedene Böschungen mit einander vergleicht, so ist es klar, dafs die steilere dem Stofse der Wellen einen gröfseren Widerstand entgegensetzt, als die flachere, weil bei ihr die Steine sich vollständiger überdecken, also mehr gesichert sind. Bei der an den Ostsee-Häfen üblichen Constructionsart der Molen pflegte man die so eben im Grundbau fertig gestellte Strecke in ihrer Krone sehr stark zu belasten, indem man die Steine, die später zur regelmäfsigen Verpackung und zur Abpflasterung, aufserdem aber auch zur Ueberdeckung der Dossirungen bestimmt waren, daselbst aufbrachte und daraus einen Damm bildete, der

Digitized by Google

zu beiden Seiten, wenn auch höchst unregelmäfsig, doch ziemlich steil anstieg. Diese rohe Steinpackung hat selbst bei Stürmen sich gut erhalten. Sie sollte den Unterbau möglichst comprimiren und mufste deshalb wenigstens einen Winter hindurch auf demselben liegen bleiben, sie war also einem starken Wellenschlag ausgesetzt. Bei dem Molenbau in Pillau habe ich nie bemerkt, dafs diese Steine, von der Sackung abgesehn, in Bewegung gekommen, oder einzelne daraus fortgespült wären. In Swinemünde hat man dieselbe Erfahrung gemacht, und da die Köpfe der Molen in den Hinter-Pommerschen Häfen wiederholentlich zerstört wurden, schlug ich vor, dieselben nicht wieder abzupflastern, sondern nur rohe und steile Stein-Packungen darauf anzubringen. Mehrere Jahre hindurch erhielten sich diese auf allen Köpfen unbeschädigt, nur beim Sturm im December 1863, als die Wellen sich zu einer gröfsern Höhe erhoben, und dadurch die in der obern Lage befindlichen Steine dem starken Stofs ausgesetzt wurden, konnten sie demselben nicht widerstehn und trieben in gleicher Art fort, als wenn sie auf einer flachen Böschung gelegen hätten.

Diese Erfahrungen haben einen vollständigen Umschwung der Ansichten über die Anordnung der Hafendämme und Molen veranlafst. Der oben beschriebene Pier vor Dover ist aus der Tiefe von 40 Fufs unter dem niedrigsten Wasser mittelst der Taucherglocke steil aufgemauert. Dasselbe ist auch sonst in den vereinigten Königreichen und namentlich auch in dem Fall geschehn, wo Steinschüttungen als Grundlage angewendet wurden, die aber an den Köpfen der Dämme durch Mauern ersetzt werden mufsten. Die Hafendämme vor Triest und vor der Mündung des neuen nach Amsterdam führenden Canals in die Nordsee sind gleichfalls mit nahe senkrechten Bétonwänden eingefafst, die nahe bis zum Grunde herabreichen. Bei grofsen Tiefen, und wo festes Steinmaterial in der Nähe vorkommt, wendet man noch Steinschüttungen bis zur Höhe des niedrigsten Wassers an, sobald aber die Schüttung sich soweit erhebt, dafs sie im Niedrigwasser der Springfluthen trocken wird, so stellt man eine nahe senkrechte Mauer darauf. Zur Zeit des Hochwassers, also bei dem heftigsten Wellenschlag, liegt die Schüttung so tief unter Wasser, dafs sie nur mäfsige Angriffe erfährt, aber auch bei niedrigem

Digitized by Google

Wasser wird das Forttreiben der losen Steine grofsentheils durch die Mauer verhindert, vor der sie liegen bleiben, und von wo sie wieder hinabrollen, sobald ihre Ablagerung zu steil wird. Man bedeckt sie auch wohl durch grofse Bétonblöcke von 300 bis zu 2000 Cubikfufs Inhalt. In der einen und der andern Art ist bei Marseille, Holyhead, Portland und bei andern Häfen in neuerer Zeit verfahren. Wo ältere flache Steinböschungen noch vorhanden sind, wie bei Cherbourg und Cette, hat man gleichfalls in der Höhe des niedrigsten Wassers Mauern darauf gestellt und daneben Béton-Blöcke verlegt, um den obern Theil der Böschung zu decken, während der untere dem Angriff weniger ausgesetzt ist, und sich selbst überlassen bleibt. Sollte sich hier aber einst beim dauernden Forttreiben der Steine eine steile Böschung darstellen, die bei geringen Dimensionen des verwendeten Materials Bersorgnifs erregen könnte, so würden darüber gleichfalls Béton-Blöcke zu versenken sein.

Zwischen Holzwänden läfst sich leicht und mit geringen Kosten ein steiler Hafendamm darstellen. Bis zur Höhe des mittleren Wasserstandes und noch darüber ist in der Ostsee das Kiefernholz als unvergänglich anzusehn. Selbst in England, wo doch der Wasserwechsel wegen der Fluth und Ebbe die Anwendung des Holzes sehr bedenklich macht, betrachtet man die Umschliefsung der Steinschüttung mit Holzwänden als eine sichere und zugleich als die wohlfeilste Construction der Hafendämme. Der Ingenieur Coode, der den Hafen bei Portland ausführte, hat in dem kleinen Hafen Bridport, wo die sehr geringen Geldmittel die möglichste Sparsamkeit geboten, einen solchen Damm empfohlen und erbaut. Das dabei verwendete Holz war mit Creosot getränkt.

Die mitgetheilten Erfahrungen haben indessen noch keineswegs zu einem übereinstimmenden Urtheil über die zweckmäfsigste Profilirung der Hafendämme geführt. Es dürfte passend sein, die Ansichten einiger bedeutender Englischer Ingenieure, so wie auch manche Thatsachen mitzutheilen, die sich hierauf beziehn.

Thomas Stevenson kommt in der neueren Ausgabe seines Werks über den Hafenbau wiederholentlich auf die dem Wellenschlage ausgesetzten Hafendämme zurück. Das für den Admi-

Digitized by Google

ralitäts-Pier in Dover gewählte Profil erkennt er nirgend als passend an, auch mufs erwähnt werden, dafs dieser Bau nur selten Nachahmung gefunden hat, dafs vielmehr bei neuern Anlagen in England die steilen Mauern nur bis zum niedrigsten Wasser herabreichen und hier auf Steinschüttungen ruhn, dafs diese Schüttungen aber auf der Seeseite zum Theil flach geböscht sind und daher eine sehr breite Basis haben. Stevenson meint, die senkrechte oder nahe senkrechte Mauer sei sowohl im Fufs, wie in der Krone grofsen Gefahren ausgesetzt, im Fufs drohe ihr die Unterspülung und in der Krone der Stofs der Wellen und des aufschlagenden Wassers.

Was die Unterspülung betrifft, so geht Stevenson von der Ansicht aus, dafs der Wellenschlag bei der plötzlichen Unterbrechung der schwingenden Bewegung des Wassers den Grund angreift und vertieft, wenn derselbe nicht aus festem Felsboden besteht. Eine Thatsache, welche dieses bewiese, sucht man vergebens in seinen Mittheilungen. Es scheint, dafs die fortschreitende Welle mit der schwingenden, oder vielleicht die Wirkung der Strömung mit der des Wellenschlags verwechselt ist. Treffen die Wellen bei grofser Wassertiefe normal eine steile Mauer, so ist nicht denkbar, dafs der Druck gegen den Boden das Forttreiben des Sandes oder Kieses veranlassen sollte. Anders verhält es sich freilich bei einer schrägen Richtung der Wellenbewegung, wobei die zurückgeworfenen Wellen möglicher Weise die einzelnen Körnchen seitwärts führen, ähnlich wie es die auf den Strand auflaufenden Wellen thun. Nimmt man indessen darauf Rücksicht, dafs die Wellenbewegung unmittelbar über dem Boden überaus geringe und jedenfalls auch hier abwechselnd hin und her gerichtet ist, so mufs man bezweifeln, dafs eine Vertiefung überhaupt erfolgen kann. Manche Erfahrungen, die bereits § 6 mitgetheilt sind, bestätigen dieses, und es mag hinzugefügt werden, dafs unmittelbar vor dem aus der Tiefe von 18 Fufs steil ansteigenden neuen Kopf der Swinemünder Ost-Mole ohnerachtet der Küstenströmung keineswegs eine Rinne sich gebildet hat, vielmehr nach der im Herbst 1879 ausgeführten Messung in der Richtung der Achse der Mole die Tiefen auf der hier befindlichen höheren Sandablagerung in Abständen von je 16 Fufs (5 Meter) folgendermaafsen gefunden wurden:

Digitized by Google

1 . . .	18′ 2″	11 . . .	21′ 8″
2 . . .	18′ 2″	12 . . .	22′ 0″
3 . . .	18′ 10″	13 . . .	22′ 7″
4 . . .	19′ 1″	14 . . .	23′ 7″
5 . . .	19′ 9″	15 . . .	24′ 3″
6 . . .	20′ 1″	16 . . .	25′ 2″
7 . . .	20′ 1″	17 . . .	26′ 5″
8 . . .	20′ 9″	18 . . .	26′ 9″
9 . . .	21′ 0″	19 . . .	27′ 9″
10 . . .	21′ 4″	20 . . .	28′ 0″

Die letzte Tiefe ist im Abstand von $26\frac{1}{2}$ Ruthe vom Molenkopfe gemessen.

Wenn dagegen heftige Küstenströmungen stattfinden, oder der ausmündende Strom sich scharf um den Kopf wendet, wie etwa während der Ausführung der Hafendämme oft geschieht, so treten allerdings davor Vertiefungen ein, oder es bilden sich tiefere Rinnen und die Anwendung von Sicherungs-Maafsregeln ist alsdann nothwendig.

Demnächst findet Stevenson noch eine andre Veranlassung zur Unterspülung, nämlich die Grundwellen oder Roller (§ 1). Es ist schon früher erwähnt worden, dafs nicht nur die Natur derselben, sondern auch überhaupt ihr Vorkommen höchst zweifelhaft ist. Es sollen isolirte fortschreitende Wellen sein, in denen die ganze Wassermasse gleichmäfsig fortgestofsen wird, wie dieses vor flachen Ufern und in kleinen Wasserläufen in Folge äufserer Einwirkungen geschieht. Erscheinungen dieser Art können im offnen Meer aber doch nur durch terrestrische Bewegungen verursacht werden. Jedenfalls würden die in solcher Weise entstandenen Grundwellen zu den allerseltensten Erscheinungen gehören, und es ist viel einfacher, die besonders hohen Wellen, die man bei heftigem Seegang vielfach bemerkt, und die sich auch durch höheres Aufspritzen an den Hafendämmen zu erkennen geben, durch das zufällige Zusammentreffen zweier verschiedenen Wellensysteme zu erklären. Dafür spricht auch der Umstand, dafs solche sehr hohe Wellen nicht einzeln auftreten, sondern zwei oder drei derselben unmittelbar einander folgen, bis die abweichenden Perioden der Wellensysteme ein ferneres Zusammentreffen nicht mehr gestatten.

Digitized by Google

Stevenson ist nun der Ansicht, dafs diese Roller einen übermäfsigen Stofs gegen einen senkrechten Damm ausüben und zugleich eben so heftig auch den Grund davor angreifen. Er meint, dieser Gefahr lasse sich nur dadurch begegnen, dafs man die horizontale Bewegung in einer gekrümmten Bahn in die verticale übergehn läfst. Der Fufs des Damms soll also in eine Fläche auslaufen, welche in die Ebene des umgebenden Grundes übergeht, also nahe horizontal ist. Von dieser aus soll aber die äufsere Böschung bei zunehmender Höhe immer steiler werden, bis sie endlich vertical ansteigt. Ein solches Profil hat man indessen, soviel bekannt, noch niemals einem Hafendamm gegeben, und namentlich bei den neueren Ausführungen in England fällt die Steinschüttung so steil gegen den Meeresboden ab, wie dieses überhaupt möglich ist, während dem obern Theil derselben eine sehr flache Neigung gegeben wird.

Was die Gefahren betrifft, denen die Krone einer nahe lothrechten Mauer ausgesetzt ist, so beziehn sich diese theils darauf, dafs jede Mauerschicht um so leichter beschädigt und zerstört werden kann, je geringer die darauf ruhende Masse ist. Indem nun die oberste Schicht ganz frei liegt, so wird sie durch den Stofs der anlaufenden Wellen am leichtesten getrennt und abgehoben. Besonders heftig sind diese Stöfse aber, wenn etwa, wie oft geschieht, ein Gesimse, oder auch nur ein einfaches vorspringendes Glied vor die Mauerfläche hinaustritt. Unbedingt übt gegen ein solches die aufsteigende Wassermasse einen sehr heftigen Stofs aus, und Stevenson hat bemerkt, dafs in solchem Fall jede Welle die Mauer fühlbar erschüttert, wodurch ihre Verbindung gelockert wird.

Dazu kommt noch, dafs Steine, die nicht besonders fest sind, mit der Zeit in der Höhe des Wasserspiegels angegriffen werden und ausbröckeln, so dafs nach und nach tiefere Rinnen sich daselbst bilden. Diese wirken in gleicher Weise wie jene vortretenden Glieder und vertiefen sich dabei immer mehr. Namentlich sind aber ihre obern Ränder dem stärksten Angriff ausgesetzt, woher sie sich stets weiter aufwärts ausdehnen.

Sodann sind die Kronen der lothrechten Hafendämme noch einem andern starken Angriff ausgesetzt, nämlich dem Stofs der auf sie herabfallenden Wassermassen. Schon § 6 wurde das

Digitized by Google

hohe Aufspritzen des Wassers vor steilen Ufern oder Mauern erwähnt. Selbst in der Ostsee geschieht dieses wenigstens bis zur Höhe von 60 Fufs, nach manchen an der Englischen Küste gemachten Erfahrungen bis 100 Fufs. Wenn es indessen auch keine compacte Wassermassen sind, die sich so hoch erheben, so bestehn dieselben doch auch keineswegs nur aus feinen Tropfen oder aus Schaum, sie sind vielmehr so gewichtig, dafs sie beim Herabfallen aus solchen Höhen das Betreten des Damms unmöglich machen, und sogar die Oberfläche desselben angreifen. Die abgepflasterte Krone der Swinemünder Ost-Mole hatte man bei Ausführung der Brustmauer mit einer dünnen Lage Béton überzogen, um die Oberfläche etwas auszuebnen. Diese Decke wurde aber sehr bald von den herabstürzenden Wassermassen zerschlagen und fortgespült. Aehnliche Erfahrungen theilt auch Stevenson mit, und erwähnt dabei, dafs diese Massen in einem Fall so grofs waren und so heftige Strömung veranlafsten, dafs selbst grofse Bleiklumpen fortgespült wurden, die zufällig auf dem Damm lagen.

Um einigermaafsen diesen Uebersturz zu mäfsigen, läfst man die Mauern zuweilen sogar über die lothrechte Richtung hinaus treten, so dafs ihre obern Theile etwas überhängen, wodurch die ansteigenden Wasserstrahlen nach der Seeseite gelenkt werden sollen. Da jedoch die heftigen Stürme, die solchen Seegang veranlassen, jedesmal von dieser Seite auch das aufspritzende und eben so das herabfallende Wasser treffen, so stürzen sie dasselbe noch stärker auf die Krone, als wenn die Mauer lothrecht gerichtet wäre, weil im letzten Fall ein grofser Theil der Masse über die Mauer hinaus niederfallen würde.

Die Mauer, die mit nahe lothrechten Seitenflächen bis zum Meeresgrund sich fortsetzt, hat vor einer darunter anzubringenden Steinschüttung den Vorzug, dafs ihre Darstellung weniger Material erfordert, und dieser Umstand ist besonders von Bedeutung, wenn die zur Schüttung nöthigen Steine nur aus weiter Ferne beigeschafft werden können. Dagegen treten der Ausführung des Mauerwerks tief unter Wasser die wesentlichsten Schwierigkeiten entgegen. Gewöhnliche Mauern lassen sich in der Tiefe nicht ausführen, da theils die Arbeit durch Taucher zu kostbar wäre, theils aber selbst schnell bindender Mörtel bei Verwendung

Digitized by Google

im Wasser zerfliefsen würde. Es bleibt also nur übrig, möglichst grofse und vollständig bearbeitete natürliche oder künstliche Steinquadern zu benutzen, die nur neben und auf einander versetzt werden. Wenn dieses auf einem ziemlich ebenen und festen Meeresgrunde, der keine spätere Vertiefung besorgen läfst, also auf Felsboden, durch Taucher ausführbar ist, so bleibt diese Arbeit sehr zeitraubend und kostbar, da einiges Ausebnen des Grundes doch immer nothwendig ist. In welcher Weise man aber auf Sandboden dergleichen Blöcke sicher und regelmäfsig versetzt, soll später eingehend mitgetheilt werden.

Was die Steinschüttungen betrifft, so sind dieselben dem Angriff der Strömung, mag diese von den fortschreitenden Wellen veranlafst, oder mag sie Küstenströmung sein, um so weniger ausgesetzt, je tiefer sie unter Wasser liegen, und es giebt wohl für alle Local-Verhältnisse gewisse Tiefen, in welchen gröfsere oder kleinere Steine selbst unter den ungünstigsten Umständen nicht mehr in Bewegung gesetzt werden. In diesen Tiefen, deren Grenzen zu 12, 15 und sogar bis 20 Fufs unter dem niedrigsten Wasser angegeben werden, mäfsigt sich die Wellenbewegung so sehr, dafs ihre Wirkung aufhört. Auch die Strömung verliert ihre Bedeutung so weit, dafs sie Steine nicht mehr in Bewegung setzt, wenn diese nicht etwa die Oberfläche einer steil abfallenden Böschung bilden.

In dieser Auffassung, die auch als begründet angesehn werden mufs, stimmen die meisten Englischen Ingenieure überein und man bemerkt, dafs dieselbe den neuen Ausführungen ziemlich allgemein zum Grunde liegt.

Was demnächst den über jener Grenze liegenden Theil der Schüttung betrifft, so hat man sich gegenwärtig davon überzeugt, dafs die flachere oder steilere Dossirung derselben durch eine nahe lothrechte Mauer unterbrochen werden mufs, um theils den directen Ueberlauf der Wellen, noch mehr aber um das sonst unvermeidliche Hinüberwerfen der Steine, wenn auch nicht ganz zu verhindern, doch wenigstens so zu mäfsigen, dafs es nur in den seltensten Fällen eintritt. Die Profile auf Taf. XXXIV zeigen in der Stellung der Mauern grofse Verschiedenheit. Bei Marseille steht eine solche unmittelbar hinter jener steilsten Dossirung, die mit sehr grofsen Bétonblöcken ganz überdeckt ist.

Digitized by Google

Dasselbe ist auch im Hafen von Livorno bei allen daselbst ausgeführten Dämmen geschehn. Im Hafendamm von Alderney tritt die Mauer nur mäfsig zurück, aber in den neuern Ausführungen der Englischen Ingenieure wird dieser Zwischenraum immer gröfser und wird in dem an den Hafendamm vor Holyhead angebauten Flügel sogar 250 Fufs breit, wie das in gleichem Maafsstabe aufgetragene Profil Fig. 146 *C*, Taf. XXXI zeigt. Man wollte dadurch die Kraft der auflaufenden Wellen schwächen und den Stofs gegen die Mauer mäfsigen, wie dieses auch bei Uferbefestigungen vor Deichen geschieht, die an sich nicht die nöthige Sicherheit bieten (§ 17). Man darf indessen kaum annehmen, dafs eine solid ausgeführte Mauer eines solchen, wegen der grofsen Steinmasse, überaus kostbaren Schutzes bedarf. Ob vielleicht die am ältern Theil des Damms gemachten Erfahrungen die Nothwendigkeit der Verstärkung des Profils in dem später daran angebauten Flügel veranlafst haben, ist unbekannt. Da aber solche Mauern an sich leicht verstärkt werden können, sie auch niemals in ihrer vollen Länge gleichzeitig von den Wellen getroffen werden, also ihre Stabilität durch den innern Zusammenhang sich noch wesentlich vergröfsert, so dürfte ihre Sicherheit nicht leicht bedroht werden. Es fehlt auch an Beispielen, dafs sie irgendwo umgeworfen wären, wenn sie gleich hin und wieder zu reifsen pflegen, in welchem Fall aber ihr Gewicht und die Reibung zwischen den einzelnen Theilen den Einsturz doch verhindert haben.

Die Mauer wird auf die Steinschüttung gestellt, nachdem diese längere Zeit hindurch dem Wellenschlage ausgesetzt gewesen, also fernere starke Bewegungen darin nicht mehr zu besorgen sind. Die Schüttungen erheben sich bis zur Höhe des niedrigsten Wassers zur Zeit der Springfluthen, also so weit, dafs sie zuweilen über Wasser treten, wo also gewöhnliche Maurerarbeit schon ausführbar ist.

Gemeinhin wird die Forderung gestellt, dafs die Köpfe der Dämme nicht mit Böschungen umschlossen werden, sondern aus solcher Tiefe steil ansteigen, dafs selbst beim niedrigsten Wasserstand unmittelbar neben ihnen Schiffe vorüberfahren können. Um sie aber auch während der Nacht kenntlich zu machen, werden darauf noch Leuchtthürme gestellt. Alsdann ist

Digitized by Google

die Fundirung der Mauern in viel gröfsrer Tiefe geboten, und das Versetzen der Quadern durch Taucher läfst sich nicht vermeiden, doch ist die Ausebnung des Untergrunds weniger schwierig, wenn die Steinschüttung bis zu dieser Tiefe sich erhebt. Damit aber die Steine der anschliefsenden Böschungen nicht etwa vor die Köpfe geworfen werden und hier Riffe erzeugen, so müssen die Mauern seitwärts noch soweit vortreten, dafs die Böschungen durch sie sicher begrenzt werden.

Vorstehend war nur von der Profilirung der ganz massiven Dämme die Rede, welche Form bei Anwendung der verschiedenen Holz-Constructionen zu wählen sei, ergiebt sich vorzugsweise aus der Verbindungsart derselben und kann daher nur bei Beschreibung der letztern behandelt werden. Die in neuster Zeit vor unsern Ostsee-Häfen mehrfach ausgeführten, durch Pfahlwände umschlossenen Dämme versprechen wegen der Abwesenheit des Fluthwechsels, wie der Bohrwürmer eine sehr lange Dauer, während ihre Darstellung vergleichungsweise gegen andre Constructionen einfach und sicher und zugleich wenig kostbar ist.

Der Kern eines solchen Hafendamms besteht wieder aus einer Steinschüttung, der jedoch die Dossirungen fehlen, da sie sich beiderseits an nahe senkrechte und möglichst dichte Pfahlwände lehnt. Für Verankerung der letztern mufs gesorgt werden, so wie auch die Uebermauerung erst nach einigen Jahren erfolgen darf, nachdem die zu erwartenden Vertiefungen des Grundes eingetreten, auch die Steine nach vielfacher Bewegung durch die Wellen eine möglichst geschlofsne Lage angenommen haben. Die Mauern werden nahe senkrecht 7 bis 10 Fufs über Mittelwasser aufgeführt, auch auf der Seeseite mit einer Brustmauer versehn. Hierdurch bildet sich ein sehr einfaches Profil, das auch auf der Seeseite nahe senkrecht abfällt. Nur wenn in Folge gewisser Strömungen eine starke Vertiefung daneben eintritt, wird solche durch Steinschüttung ausgefüllt.

Auch der Kopf des Damms, der steil ansteigt, wird nur in dem Fall mit Steinen umgeben, wenn gefährliche Vertiefungen sich daneben zeigen. Eine Steinböschung bis zum Niveau des mittleren Wasserstandes ist aber erforderlich, wenn der unreine Grund das gehörige Eindringen der Pfähle verhindert. Hiervon

Digitized by Google

abgesehn, sind nur in seltenen Fällen niedrige und tief unter Wasser liegende Schüttungen erforderlich, um weiteren Vertiefungen vorzubeugen.

§ 55.

Die Cherbourger Kegel.

Indem die verschiedenen Constructions-Arten der Hafendämme beschrieben werden sollen, ist es nothwendig, dieselben nach gewissen Eigenthümlichkeiten zu classificiren. Unbedingt ist in dieser Beziehung das Material, woraus sie bestehn, zunächst zu berücksichtigen, und dieses um so mehr, als hiervon auch die Art ihrer Zusammensetzung abhängt. Nichts desto weniger geben sich bei dieser Eintheilung doch keine scharfen Grenzen zu erkennen, indem die Holz-Constructionen unmerklich in den Massivbau übergehn. Auch ist der Holzbau ganz rein, und ohne gleichzeitige Verwendung von Steinen oder Faschinen wohl niemals zur Anwendung gekommen. Dieses geschieht nur in den Ueberbrückungen, welche namentlich in den Französischen Häfen vielfach sich vorfinden, aber diese Brücken stehn jedesmal noch auf den niedrigen eigentlichen Hafendämmen und sind daher keine selbstständigen Bauwerke. Im Allgemeinen bilden die Hölzer, seien es Balken, Pfähle oder Bohlen, nur die äufsern Wände der Hafendämme. Die Zwischenräume sind mit anderm Material gefüllt, und wo Verbandstücke im Innern vorkommen, dienen sie nur zur Verankerung und Verstrebung, oder zur Unterstützung der Brücken.

Es mag zunächst die Rede sein von den Kegeln, die in den Jahren 1784 bis 1792 auf der Rhede von Cherbourg versenkt wurden. Eine specielle Beschreibung derselben und ihrer Anfertigung und Versenkung ist entbehrlich, da nach den traurigen Erfahrungen, die dabei gemacht wurden, gewifs Niemand einen ähnlichen Versuch wiederholen wird. Es kommt nur darauf an, diese Kegel, die damals so grofses Aufsehn erregten, im Allgemeinen zu beschreiben. Welche Erfolge sie hatten, ist bereits § 35 mitgetheilt worden. Eine sehr ausführliche Auseinandersetzung ihrer Construction, sowie auch des Manövers bei ihrem Transport und ihrer Versenkung hat de Cessart unter Beifügung

Digitized by Google

einer Reihe von Kupfertafeln veröffentlicht*). Die nachfolgenden Angaben sind grofsentheils aus diesem Werk entnommen.

Die Kegel sollten das Hochwasser der Springfluthen um 6 Fufs**) überragen. Ihre obere Grundfläche hielt 60 Fufs im Durchmesser, während ihre Seiten 33 Grade gegen das Loth geneigt waren. Bei der gewöhnlichen Höhe von 60 Fufs mafs daher ihr unterer Durchmesser 138 Fufs. Fig. 148 zeigt im mittlern Theil die äufsere Ansicht derselben, während sie versenkt wurden, auf der rechten Seite die spätere Verkleidung des obern Theils mit Bohlen, und links den Durchschnitt.

An einer Stelle des Strandes, die 13 Fufs unter dem Hochwasser der Springfluthen lag, wurden in einem Kreise, der dem untern Umfange des Kegels gleichkam, im Abstande von $5\frac{1}{2}$ Fufs Pfähle eingerammt, und nachdem sie wenig über der Terrain-Höhe horizontal abgeschnitten waren, an der innern und äufsern Seite mit Zangen umgeben und an diese verbolzt. Hierdurch war die sichere Grundlage für Erbauung eines Kegels gebildet. Eine gleiche kreisförmige Grundlage, die zur Aufstellung der Rüstungen oder Stützen diente, wurde im Innern der ersteren mit 96 Fufs Durchmesser ausgeführt. Auf diesen beiden kreisförmigen Fundamenten, die bei niedrigem Wasser trocken waren, begann man den Bau, indem aber die Stiele, mit deren Aufstellung der Anfang gemacht wurde, das höchste Wasser überragten, so konnte der Bau während der Ausführung vom Wasser nicht gehoben werden.

Man stellte 90 Doppelstiele, die aus starken Balken bestanden, und deren beide Theile mit einander verbolzt waren, in der angegebenen Neigung auf. Die Längen der benutzten Balken waren jedoch für die ganze Höhe nicht genügend, sie mufsten also aus verschiedenen Stücken zusammengesetzt werden, die in den Stöfsen überblattet und durch Bolzen verbunden waren. Hierdurch wurde der Bau etwas erleichtert, indem derselbe nur nach und nach die volle Höhe erhielt. Zwei starke kreisförmige

*) Description des travaux hydrauliques de L. A. de Cessart. Tome II. Paris 1808.

**) Diese Maafse sind Französische Fufse, die sich zu Rheinländischen wie 29 zu 28 verhalten.

Digitized by Google

Zangen an der innern und der äufsern Seite gaben diesen Stielen am untern Ende die nöthige Verbindung. Auf der äufsern Seite geschah dieses noch durch andre sieben gleiche Zangen, von denen die letzten in dem obern Rand des Kegels lagen. An der innern Seite befanden sich dagegen solche kreisförmige Zangen in geringern Abständen, nämlich von $2^1/_2$ Fufs verticaler Höhe. Der Raum zwischen diesen wurde auf der Binnenseite der Stiele mit Bohlen verkleidet, um das Durchfallen der Steine zu verhindern. Eine kreisförmige Galerie oder Brücke, mit Brustlehne versehn, war auf dem obern Rand des Kegels angebracht, und eine zweite befand sich 6 Fufs tiefer. Die erste war für die Ingenieure bestimmt, welche den Transport und die Versenkung leiteten, die letztere dagegen für die dabei beschäftigten Arbeiter. Beide Galerien wurden, nachdem der Kegel versenkt war, entfernt, und man verkleidete alsdann den obern Theil der conischen Fläche bis zum niedrigsten Wasser mit Bohlen, indem solche auswärts und zwar schräge aufgenagelt wurden, wie die Zeichnung an der rechten Seite zeigt. In diesem obern Theil waren in der innern Verkleidung in drei verschiedenen Höhen Oeffnungen frei gelassen, durch welche die Steine zur Anfüllung des innern Raums hineingeworfen werden konnten. Erst wenn dieses geschehn war, erfolgte die Verkleidung mit Bohlen an der äufsern Seite.

Wenn ein Kegel aufgestellt und die Verbindung der einzelnen Theile mittelst einer grofsen Anzahl von Schraubenbolzen und Nägeln bewirkt war, so kam es darauf an, den ganzen Bau aufzuheben und ihn an die Stelle zu bringen, wo er versenkt werden sollte. Hierzu benutzte man das Hochwasser der Springfluthen, indem an die untern kreisförmigen Zangen, sowohl auf der innern, wie auf der äufsern Seite, grofse Tonnen befestigt wurden, welche im Stande waren, den ganzen Kegel zu tragen. Diese Tonnen waren 12 Fufs lang und in der Mitte 6 Fufs weit. An der äufsern Seite des Kegels befanden sich zwei und dreifsig derselben, an der innern dagegen acht und zwanzig. Um den letztern dieselbe Tragfähigkeit wie den erstern zu geben, wurden sie noch durch zehn kleinere Tonnen unterstützt, die abwechselnd an die grofsen befestigt waren. Diese sämmtlichen Tonnen trugen, sobald sie vom steigenden Wasser gehoben wurden, mittelst starker Taue den untern Kreis der doppelten Zangen, und die Taue waren

Digitized by Google

jedesmal über starke, zu diesem Zweck an die Stiele gebolzte Klötze geführt. Darüber schwebten Beile oder Messer, die mittelst langer hölzerner Stangen, die bis zur untern Galerie heraufreichten, hinabgestofsen werden konnten, sobald man die betreffenden Tonnen lösen und deshalb die Taue durchschneiden wollte. Um zu verhindern, dafs die mit Heftigkeit aufsteigenden Tonnen nicht etwa den Kegel beschädigen, oder selbst an den innern Zangen zerschellen möchten, waren noch hinter allen Stielen auf der innern Seite der Zangen starke Latten angebracht, welche zur Führung der Tonnen dienten.

Endlich war zu besorgen, dafs, wenn der Kegel von den Tonnen getragen wurde, die den untern Rand seiner Fläche vertical aufwärts zogen, dieser in seiner Verbindung gelockert, oder auch wohl aus einander gerissen werden möchte. Um dieses zu verhindern und um den Fufs jedes Stiels nach dem Mittelpunkte hinzuziehn, wurden daher noch in der Mitte der Grundfläche vier Tonnen ausgelegt, die sowohl unter sich, als auch mit den unteren Zangen durch eine grofse Anzahl von Tauen verbunden waren. Sobald diese Tonnen vom Wasser gehoben wurden, so spannten sie die in radialer Richtung angebrachten Taue an, und bewirkten auf diese Art den beabsichtigten Zug, der den Bruch des untern Ringes verhindern sollte.

Man kann nicht in Abrede stellen, dafs die ganze Anordnung mit einer gewissen Ueberlegung getroffen war, und nach der Beschreibung, die de Cessart giebt, scheint es auch, dafs die Versenkung sich sehr regelmäfsig und sicher ausführen liefs. Dieses war jedoch nach der Mittheilung eines andern höchst glaubwürdigen Augenzeugen keineswegs der Fall.

Woltman*) befand sich 1784 auf einer Studienreise in Frankreich und besuchte Cherbourg, um den begonnenen grofsartigen Bau kennen zu lernen. Er wohnte der Versenkung des zweiten Kegels bei, und zwar war ihm gestattet worden, in Gesellschaft der vier Ingenieure, welche das Manöver beaufsichtigten, auf die obere Galerie zu gehn. Daselbst befanden sich noch zwölf Arbeiter, sonst wurde niemand zugelassen.

*) Beiträge zur hydraulischen Architektur. III. Band. Göttingen 1794. Seite 45 ff.

Digitized by Google

Während des vorhergehenden Niedrig-Wassers wurden die Tonnen rings um den Fuſs des Kegels auf der innern und äuſsern Seite ausgelegt und befestigt, und auſserdem auch ein langes Tau mittelst einer Erdwinde angezogen, um den Kegel fest zu halten, falls eine Aenderung der Witterung oder ein andrer zufälliger Umstand die Versenkung verhindern sollte. Ehe die Fluth den Strand erreichte, wurde die Galerie bestiegen. Das Wasser wuchs, und als die Tonnen zu tragen anfingen „krachte und bebte“ der ganze Bau. Die Erschütterungen hörten aber nach und nach auf, und eine Viertel Stunde vor Hochwasser trat ein sanftes Oscilliren ein: der Kegel schwamm. Nunmehr begann bei ruhiger Witterung und in der mondhellen Nacht der Transport. Nachdem die Verbindung mit dem Ufer gelöst war, zogen zwei Erdwinden auf Prahmen, die vor Anker lagen, den Kegel in tieferes Wasser, und alsdann wurden Ruderböte davor gelegt. Die Fahrt ging sehr langsam von statten, denn obwohl die Entfernung nur eine kleine Meile betrug, wie Woltman sagt, so dauerte sie doch $5\frac{1}{2}$ Stunden, nämlich von $9\frac{1}{2}$ Uhr Abends bis 3 Uhr Morgens. Drei Prahme waren um die Stelle vor Anker gelegt, wo die Versenkung erfolgen sollte. Zwischen diesen geschah die genaue Einrichtung des Kegels nach der Anweisung von de Cessart, der auf dem bereits früher versenkten ersten Kegel stand.

Jeder der vier Ingenieure begab sich nunmehr mit drei Arbeitern auf den ihm zugewiesenen Quadranten. Gleichzeitig sollte in jedem Quadrant immer eine bestimmte Tonne gelöst werden. Das Zeichen dazu gab eine Fahne auf dem ersten Kegel, und die Farbe derselben bezeichnete diejenigen Messer, welche niedergestoſsen werden sollten, indem die Stiele derselben mit Fähnchen von gleicher Farbe versehn waren. Die Arbeiter gingen alsdann zu diesen, lösten und erfaſsten sie, lieſsen sie aber nicht früher herabfallen, oder stieſsen sie nicht früher auf, bis eine Bootsmanns-Pfeife, die dreimal in gleichen Zwischenzeiten ertönte, hierzu das Zeichen gab. Die vier Tonnen sprangen Anfangs regelmäſsig auf, und „der Kasten stieg mit Krachen und Beben gewaltig auf und nieder“. Sobald diese Bewegung aufgehört hatte, ging man zu andern Tonnen über. Das Lösen derselben erfolgte aber keineswegs ganz regelmäſsig. Bei der heftigen Erschütterung mochten die Taue in Unordnung gekommen sein, so

Digitized by Google

dafs sie von den Messern nicht mehr getroffen wurden, auch liefs es sich, nachdem schon eine gröfsere Anzahl Tonnen um den Kegel schwamm, nicht mehr sicher entscheiden, ob jedesmal vier neue aufkamen. Am schwierigsten war dieses auf der innern Seite zu erkennen. So erklärte es sich, dafs manche Tonnen, die gelöst werden sollten, noch unten blieben, und der Kegel dadurch sehr ungleichmäfsig unterstützt wurde. Einmal stellte er sich so schräge, dafs die eine Seite lothrecht stand. Woltman hatte sich, um nicht hinderlich zu sein, auf den obern Rand gesetzt, und während er von hier nicht sogleich auf die Galerie hinabsteigen konnte, liefen alle Ingenieure und Arbeiter auf die höchste Stelle der Brücke, um wo möglich dadurch das Gleichgewicht wieder herzustellen und das Umschlagen des Kegels zu verhindern.

Endlich trat noch der Uebelstand hinzu, dafs manche Taue nicht vollständig durchschnitten, sondern nur eingekerbt wurden, und nach einiger Zeit zerrissen. Alsdann sprang ganz unerwartet, und ohne dafs ein Messer in Bewegung gesetzt war, plötzlich eine Tonne empor. Woltman erfuhr, dafs in dieser Weise beim Versenken des ersten Kegels ein Mann ertrunken sei. Es waren nämlich bereits alle Messer herabgestofsen und der Kegel stand fest auf dem Grund, als ein Boot herankam. In derselben Zeit löste sich aber plötzlich noch eine Tonne, die beim Aufsteigen das Boot traf, es aufhob und der Länge nach spaltete.

Nach dieser Beschreibung darf man wohl annehmen, dafs die Verbindung des Kegels schon beim Versenken gelockert und theilweise vielleicht aufgehoben wurde. Woltman hält es für unzweifelhaft, dafs einige Bolzen, Nägel, Bretter und grofse Verbandstücke dabei zerbrochen waren. Bei den unvermeidlichen heftigen Erschütterungen war dieses gewifs möglich, wenn auch das Knacken und selbst das Krachen kein Beweis für einen wirklichen Bruch ist, wie man bei stark bewegter See in hölzernen Schiffen sich überzeugen kann.

Ueber das Verfahren beim Versenken der Kegel wäre noch darauf aufmerksam zu machen, dafs die grofse Anzahl von Tonnen nothwendig war, um den Bau zur Zeit des höchsten Wassers auf dem Strande zu heben, so dafs er schwamm, ohne irgend wo tiefer, als etwa 12 Fufs einzutauchen. Sobald er auf

Digitized by Google

tieferes Wasser kam, war allerdings ein Theil der Tonnen entbehrlich, doch brachte man ihn auf allen Tonnen schwimmend an die Stelle, wo er versenkt werden sollte. Wenn aber nunmehr eine Tonne oder mehrere derselben gelöst wurden, so mufste er jedesmal um soviel sich senken, dafs der aufwärts gerichtete Zug, den bisher diese Tonnen ausübten, durch das Gewicht des Wassers ersetzt wurde, welches die Verbandstücke beim Herabsinken verdrängten. Indem die Tonnen sich aber plötzlich lösten, so nahm der Kegel sogleich eine gewisse verticale Geschwindigkeit an, die ihn verhinderte, in derjenigen Höhe, welche dem Gleichgewicht entsprach, zur Ruhe zu kommen, er senkte sich vielmehr noch tiefer, und zwar so lange, bis der aufwärts gerichtete Druck endlich seine Geschwindigkeit aufhob, und in entgegengesetzter Richtung ihn aufs Neue bewegte. In dieser Weise hob und senkte sich abwechselnd der Kegel, bis endlich der Widerstand des Wassers das Moment der Bewegung nach und nach vollständig zerstörte. Wenn dagegen die vier Tonnen, welche den Kegel ganz symmetrisch unterstützten, nicht gleichzeitig gelöst wurden, vielmehr eine derselben daran noch befestigt blieb, so wurde dadurch nicht nur eine schräge Stellung, sondern aufserdem auch eine Seitenschwankung bedingt, die leicht sehr verstärkt werden konnte, wenn später jene Tonne gerade in der Zeit sich trennte, wo dieser Theil des untern Randes sich abwärts bewegte. Jedenfalls war es ein sehr gewagtes Unternehmen, diese an sich schon schwachen Constructionen noch solcher Gefahr auszusetzen, und selbst abgesehn von den Beschädigungen, welche die Kegel durch den Wellenschlag und den Bohrwurm, sowie auch später durch die abwechselnde Benetzung durch die Fluth erfuhren, darf man sich kaum wundern, dafs sie so wenig Bestand hatten, wie oben (§ 35) mitgetheilt ist.

§ 56.

Steinkisten.

Die Steinkisten, die in früherer Zeit in den Ostsee-Häfen allgemein üblich waren, schliefsen sich in sofern an die Kegel an, als sie gleichfalls flach auf den Grund aufgestellt werden,

Digitized by Google

und nur zur Umschliefsung der darin befindlichen Steinschüttung dienen. Sie haben jedoch vor jenen den wesentlichen Vorzug, dafs sie in sich viel fester verbunden sind, und daher dem Wellenschlage sicher widerstehn. Aufserdem lassen sich auch ihre verticalen Endflächen ziemlich nahe neben einander stellen, und die bleibenden schmalen Zwischenräume sind leicht zu schliefsen, so dafs sie zusammenhängende Hafendämme bilden. Vielfach wurden sie auch zu Ufereinfassungen benutzt, sie erhielten in diesem Fall eine geringere Breite, während ihre Construction dieselbe blieb. Dabei wurden indessen, wie in Neufahrwasser geschehn ist, bei späterer Ueberhöhung die hintern Balken fortgelassen und die Querbalken griffen als Anker in das Ufer ein.

Manche Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Steinkisten, sowie auch in der Füllung gab sich in den verschiedenen Häfen wohl zu erkennen, die Abweichungen betrafen indessen weniger die Art der Verbindung, als vielmehr die Dimensionen und manche Vorkehrungen zu ihrer Sicherung. Ob die Steinkisten auch in grofser Tiefe auszuführen und sicher zu halten sind, wird oft bezweifelt, es ist jedoch kein Grund vorhanden, der diese Besorgnifs rechtfertigt. Der Umstand, dafs in gröfserer Tiefe die Wellenbewegung geringer wird, also ein Ausspülen des Untergrunds weniger zu fürchten ist, möchte sogar vermuthen lassen, dafs sie im tiefen Wasser sicherer stehn, als im flachen. Die scharf vorspringende Ecke auf der Haff-Seite der Frischen Nehrung (*A* in Fig. 143) war 1767 mit Steinkisten eingefafst, und die Tiefe davor hatte nach und nach in Folge der Strömung sehr bedeutend zugenommen. Viefach hatten die einzelnen Kisten sich gesenkt, und es mufsten alsdann neue Balkenlagen aufgebracht werden, um sie bis über das Wasser zu erhöhen. 1829 mafs die Tiefe unmittelbar daneben 30 Fufs, und wenn die Kisten sich damals auch stark überneigten und deshalb Pfähle davor eingerammt und daneben Senkstücke verlegt wurden, um weitere Vertiefungen zu verhindern, so erfolgte dennoch eben so wenig hier, wie anderweitig ein wirklicher Einsturz.

Fig. 149. *a* zeigt den Querdurchschnitt einer frei stehenden Steinkiste und zwar an zwei verschiedenen Stellen, nämlich auf der linken Seite durch eine Mittelwand, und rechts durch die Steinschüttung einer Abtheilung. Fig. 149. *b* zeigt dagegen die

Digitized by Google

Seiten-Ansicht, in der die Lage der Balken gleichfalls ersichtlich ist. Die ganze Zusammensetzung des Baues ergiebt sich hieraus mit hinreichender Deutlichkeit. Die einzelne Kiste ist in der Oberfläche 18 Fufs breit angenommen, obwohl man ihr zuweilen, selbst wenn sie einen frei vortretenden Hafendamm darstellen sollte, eine geringere, gemeinhin aber eine gröfsere Breite zu geben pflegte. Ihre Länge richtete sich nach der Länge der Balken, die man für mäfsige Preise beschaffen konnte, und mafs 40 bis 50 Fufs. Man nahm dieselbe immer möglichst grofs an. An beiden Langseiten erhielt die Kiste einige Böschung, die durchschnittlich vielleicht ein Viertel der Höhe betragen mochte. Ihre Stabilität wurde hierdurch vergröfsert und die Gefahr des Umfallens vermindert, namentlich wenn eine starke Strömung längs des Damms zu erwarten stand, die eine bedeutende Vertiefung besorgen liefs. Es ist nicht bekannt geworden, dafs eine Steinkiste jemals umgefallen wäre, obwohl dieselben vielfach sich stark seitwärts neigten. An beiden Enden war jede Kiste mit einer senkrechten Wand versehn, damit zwei solche möglichst nahe an einander gestellt werden konnten. Nur am Ende des Hafendamms gab man der letzten Kiste auch an der schmalen Seite die erwähnte geringe Böschung. Um diese äufsere Stirnwand sicher zu halten, was bei einer gröfsern Breite nothwendig war, brachte man darin noch eine vollständige Mittelwand der Länge nach an, die zur Verankerung der sämmtlichen Balken vor dem Kopf diente, und diese gegen den Seitendruck der Steinschüttung sicherte.

Die Solidität der Kiste beruht wesentlich darauf, dafs die Wände aus starken Balken gebildet werden. Diese berühren sich jedoch nicht, sondern lassen Zwischenräume von etwa 8 Zoll Weite frei, durch welche die gröfsern Steine, die zur Füllung benutzt werden, nicht hindurch fallen. Ein Rost von Balken, die in gleicher Weise 8 Zoll von einander entfernt liegen, bildet den Boden, so dafs die ganze eingeworfene Steinmasse zusammengehalten, und sonach ein Sacken der Steinschüttung im Innern unmöglich wird. Der Seitendruck dieser Schüttung kann sich nur gegen die beiderseitigen Langwände, wie auch gegen die Stirnwand am Kopf des Damms äufsern, die übrigen Stirnwände der einzelnen Kisten sind einem solchen nicht ausgesetzt, weil immer je zwei Kisten möglichst nahe an einander gestellt,

Digitized by Google

und andre Steine dazwischen geworfen werden, die also den Druck auf beide Wände übertragen und den erforderlichen Gegendruck darstellen. Hiernach kommt es nur darauf an, die äufsern Wände des Damms gegen Ausweichen zu sichern, und hierzu dient die kräftige Verankerung durch die Querwände, die in Entfernungen von 9 bis 10 Fufs aufgestellt werden. Dafs man eine ähnliche Verankerung auch am Kopf des Damms anbringt, um die Stirnwand zu sichern, ist bereits erwähnt worden.

Wo die Köpfe der Ankerbalken die Balken der Wände treffen, sind sie durch Verkämmung mit einander verbunden. Nach der in der Zeichnung gewählten Constructions-Art, die sich der Festigkeit wegen besonders empfiehlt, treten die Balkenköpfe vor die Wand vor. In der letztern werden die Balken gar nicht geschwächt, wohl aber sind die Ankerbalken, wo sie diese berühren, sowohl oben wie unten 2 Zoll tief eingeschnitten. Ihre Köpfe fassen also sehr sicher die Verbandstücke der äufsern Wände. Andrerseits wurden nicht selten auch schwalbenschwanzartige Verbindungen angewendet, die, wenn auch an sich weniger fest, das Ausweichen der Wände gleichfalls verhinderten. Man erreichte dabei den Vortheil, dafs die Verbandstücke der Querwände etwas kürzer sein durften, auch das Vortreten der Balkenköpfe vermieden wurde. Letzteres war aber selbst in dem Fall, wenn Schiffe an den Hafendamm anlegten, nicht nachtheilig, indem zur Seite der Steinkisten noch Pfähle eingerammt wurden, welche die äufsere Begrenzung bildeten. Die erwähnten Verkämmungen wurden indessen noch nicht als genügend angesehn, insofern sie sich zu leicht lösen konnten, namentlich wenn die Kiste sich vielleicht ungleichmäfsig setzte. Dazu kam noch, dafs schon beim Zusammensetzen darauf Bedacht zu nehmen war, dafs nicht etwa die untern Lagen nebst dem Rost, auf dem die Steine lagen, allein herabsinken möchten, während die obern noch schwammen. Zu diesem Zweck wurde in jeden einzelnen Kamm ein $^3/_4$ bis 1 Zoll starker und 20 Zoll langer, mit Kopf und Widerhaken versehener Bolzen, der etwas zugespitzt war, eingetrieben. Indem diese Bolzen ganz im Holz steckten, so wurden sie vom Seewasser nicht angegriffen. Bei mehrfachen Reparaturen überzeugte ich mich davon, dafs sie in einem halben Jahrhundert gar nicht gelitten hatten, denn beim

Digitized by Google

Abspalten der darüber liegenden Balken erschienen sie noch wie neu.

Das Abbinden der Kisten geschah in der Art, dafs man mit der obern, oder mit derjenigen Lage den Anfang machte, welche den mittlern Wasserstand etwas überragen sollte. Diese wurde auf dem geebneten Zimmerplatz möglichst nahe an tiefem Wasser und in dem bestimmten Abstande der Balken ausgelegt, jedoch verkehrt, so dafs die Flächen, welche oben sein sollten, unten lagen. Die nächst untere Balkenlage wurde alsdann in gleicher Art darauf gebracht, die Verkämmungen eingeschnitten, und nachdem diese in einander gestofsen waren, mit einem Bohrer, der schwächer als die Bolzen war, in jede Verkämmung ein Loch durch beide Balken gebohrt. In dieser Weise verfuhr man mit der ganzen Kiste, die bei zunehmender Höhe immer breiter wurde. Erreichte sie aber solche Höhe, dafs das Aufbringen der Balken zu mühsam wurde, so hob man die letzte Lage wieder ab, legte sie daneben auf den Boden, und setzte auf ihr die Zurichtung der folgenden Lagen fort.

Hatte man in solcher Weise beinahe die volle Höhe erreicht, so wurde nochmals eine genaue Tiefenmessung an der Stelle vorgenommen, wo die Kiste versenkt werden sollte, und es kam nunmehr darauf an, die letzten Balkenlagen also diejenigen, welche später die untersten sein sollten, möglichst den gefundenen Tiefen anzuschliefsen. Indem man die Kämme an einer Seite tiefer einschnitt, als an der andern, konnte man leicht der Basis eine mäfsige Neigung geben. In noch höherem Grade war dieses thunlich, wenn Balken keilförmig aufgeschnitten und auf die untere Seite der Schwellen gebolzt wurden. Es hinderte auch nichts, den Balkenrost, der die Unterlage für die Steinschüttung bildete, stufenförmig ansteigen zu lassen, und ihn hinter einer Zwischenwand auf die nächstfolgenden Langbalken zu legen.

Nachdem das Zurichten vollständig geschehn, und alle einzelnen Verbandstücke in ihren Verbindungen deutlich bezeichnet waren, damit beim Zusammensetzen nicht etwa Verwechselungen vorkämen, wobei namentlich die Bohrlöcher nicht auf einander treffen konnten, so ging man bei ruhiger Witterung zum Aufstellen und Versenken der Kiste über. Dieses geschah auf dem Wasser. Neben dem Bauhof wurden zuerst die unteren

Digitized by Google

Schwellen ins Wasser geschoben, und damit diese in der gehörigen Lage schwammen, so nagelte man auf jede kreuzweise ein kurzes Bohlenstück leicht auf, dafs sogleich beseitigt wurde, wie ein Querbalken sie unter sich verband. Letztere flöfste man gleichfalls herbei, schob sie auf die Schwellen, und sobald die Kämme eingriffen, trieb man sie mit Handrammen an und schlug mit schweren Hammern die Bolzen ein.

Dieser erste Theil der Arbeit war allerdings unbequem, da er auf keiner Rüstung, sondern nur auf Böten ausgeführt werden konnte. Sobald jedoch der Rost aufgebracht war, so liefsen sich schon Laufbretter darüber legen, und die weitere Zusammensetzung erfolgte sehr einfach in kurzer Zeit. Es mufs darauf aufmerksam gemacht werden, dafs, wenn von der Zulage immer die obern Verbandstücke, und zwar nach bestimmter Reihenfolge abgehoben und ins Wasser geschoben wurden, diese auch eben so ihre Verwendung fanden, und sogar jedes Stück an die richtige Stelle aufgezogen wurde, so dafs nach den passenden Kämmen gar nicht gesucht werden durfte, die Bezeichnung derselben vielmehr nur zur Controle diente. Um das Aufziehn der Balken nicht zu erschweren, durfte die Kiste, während sie zusammengesetzt wurde, sich nie bedeutend über das Wasser erheben, und dieses war leicht zu erreichen, indem man sogleich den Rost beschwerte und die dazu erforderlichen Steine darauf warf. Wo ein Balken aufgezogen werden sollte, traten mehrere Arbeiter hinzu, und dadurch wurde die Kiste schon etwas herabgedrückt und die Arbeit erleichtert. Bei passender Vertheilung der Steine auf den Rost schwamm die Kiste sehr sicher und behielt auch stets ihre horizontale Stellung.

Sobald man bei der zunehmenden Höhe des Baues ein Aufsetzen auf den Grund besorgen konnte, wurde die Kiste auf tieferes Wasser geschoben, und wenn sie endlich beinahe ihre volle Höhe hatte, so durfte eine fernere Beschwerung des Rostes nicht mehr stattfinden, vielmehr mufste die obere Balkenlage sich etwas mehr über das Wasser erheben. Alsdann wurde die Kiste aus dem Hafen auf die Stelle bugsirt, wo sie versenkt werden sollte, und hier angelangt, richtete man sie scharf ein. War dieses geschehn, so beschwerte man sie soweit mit Steinen, dafs sie sich auf den Grund aufstellte. Diese letzten Steine wurden aber nicht

Digitized by Google

auf den tief unter Wasser liegenden Rost geworfen, vielmehr auf Rüstungen gepackt, die auf den oberen Querbalken in der Mittellinie der Kiste ruhten. Man erreichte dabei den Vortheil, dafs, wenn vielleicht die Versenkung nicht in der gehörigen Richtung geschehn war, man durch Beseitigung einiger Steine die Kiste leicht heben und verstellen konnte. Endlich erfolgte möglichst schnell die stärkere Beschwerung, doch durfte man dabei nicht sogleich die auf der Rüstung liegenden Steine herabwerfen, weil diese beim Eintauchen ins Wasser einen grofsen Theil ihres Gewichts verloren, und es sonach geschehn konnte, dafs der Kasten sich aufs Neue gehoben hätte.

Gewifs wäre es sehr vortheilhaft, wenn man die Steinschüttung in schwachen Lagen aufbringen könnte, damit die eintretenden Wellen Gelegenheit hätte, die Steine möglichst geschlossen abzulagern. Dieses verbietet sich jedoch dadurch, dafs die Kiste, wenn sie nur zum kleinsten Theile gefüllt ist, dem Wellenschlage nicht den nöthigen Widerstand leisten kann und leicht zerschlagen wird. Man ist daher gezwungen, die Anfüllung schleunigst vorzunehmen. Gemeinhin fehlen beim Versenken noch diejenigen Balkenlagen, welche über Wasser treffen. Man kann dieselben schon vorher zurichten, doch werden sie immer erst aufgebracht, wenn die Kiste bereits an ihrer Stelle steht und mit Steinen gefüllt ist. Gemeinhin setzt man indessen die Schüttung in ihrer zufälligen Ablagerung einige Zeit hindurch dem Wellenschlag aus, bevor die Abpflasterung vorgenommen wird.

Diese in früherer Zeit an der Ostsee allgemein übliche und in Betreff ihrer Solidität auch bewährte Constructions-Art ist ohne Zweifel, wenn die Holzpreise sich nicht hoch stellen, wohlfeil und zugleich in der Ausführung sehr bequem. Im Allgemeinen hat sie sich auch als dauerhaft gezeigt, wenn gleich hin und wieder einzelne Steinkisten durch den Wellenschlag zerschlagen sind, wobei es indessen zweifelhaft bleibt, ob die Ursache der Zerstörung vielleicht in der sorglosen Ausführung und Unterhaltung zu suchen war. Diese Construction entspricht der Aufgabe, welche bis zur neusten Zeit die Englischen Ingenieure vielfach beschäftigt, und die ohne Zweifel im Hafenbau von der äufsersten Wichtigkeit ist, nämlich eine innig verbundene, möglichst grofse Masse darzustellen, aus der die Wellen keinen Theil heraus-

Digitized by Google

reifsen noch auch die Ablagerung in Unordnung bringen können. Die Balkenwände, wie der Rost, soweit sie vom Wasser dauernd benetzt werden, sind als unvergänglich zu betrachten, und wenn sie in sich sorgfältig verbunden und durch die Steine im Innern geschützt sind, so bieten sie auch ohne Zweifel dem Stofs der Wellen hinreichenden Widerstand. Anders verhält es sich mit den obern Balkenlagen, die allerdings sehr vergänglich sind, namentlich wenn sie hoch über Wasser liegen. Diese können indessen, so oft es nöthig ist, leicht erneut werden. Sie sind aber nothwendig, um das Pflaster zu stützen, welches die Steinschüttung überdeckt. Sobald letztere frei liegt, laufen die Wellen nahe in gleicher Weise darüber, wie über flache Steindämme und ihr Angriff verstärkt sich noch, da die äufsern Steine beim Ansteigen des Wassers vor der steilen Seitenwand dem aufwärts gerichteten Stofs ausgesetzt sind. Liegt das Pflaster unter dem obern Rande der Kiste, so verlieren die Seitenwände ihre Stütze und sind gleichfalls der Zerstörung ausgesetzt. In dieser Art ist es erklärlich, dafs manche Steinkisten von oben nach unten allmählich abbrachen und zuletzt ganz verschwanden. Von der äufsersten Bedeutung ist dabei aber der Vorzug, dafs ein Sacken der Steine gar nicht eintreten kann, da sie auf dem Balkenrost aufliegen, und zwischen festen Wänden eingeschlossen sind. Kein Stein kann hindurch fallen, und eine spätere Aenderung in der Ablagerung ist auch nicht denkbar. Die ganze Kiste kann sich freilich in den Grund eindrücken, und ohne Zweifel thut sie dieses jedesmal. Dieses ist jedoch ungefährlich, wenn nicht vielleicht eine Veränderung des Stromlaufs noch später eine starke Ausspülung des Grundes daneben veranlafst. Aber selbst in diesem Fall ist die Gefahr eines Durchbruchs oder Einsturzes wohl immer zu beseitigen. Hat die Kiste sich gleichmäfsig gesenkt, so giebt man ihr durch Aufbringen neuer Balkenlagen die erforderliche Höhe. Man kann aber auch eine Seite mehr erhöhn, als die andre, und dadurch die horizontale Oberfläche wieder herstellen.

Die an sich unschädlichen Unregelmäfsigkeiten scheinen vorzugsweise Veranlassung gegeben zu haben, dafs man von dieser Constructions-Art ganz abgegangen ist. Dieses geschah in der Zeit, als man glaubte, dafs mit flachen Steinschüttungen die Hafendämme vor jeder Beschädigung gesichert werden könnten.

Digitized by Google

Beim Bau und der Verwendung der Steinkisten kamen manche Verschiedenheiten vor. Die Balken, aus denen die Wände und die Böden bestanden, waren bald mehr, bald minder stark. In der Figur sind sie 12 zöllig angenommen, was wohl meist der Fall war, und jedenfalls mufste kräftiges und ausgewachsnes Holz dazu verwendet werden, wenn es auch nicht nöthig war, nur vollkantige Balken zu benutzen. Die freien Zwischenräume in den Wänden hatten auch verschiedene Weiten, und zuweilen verschwanden sie ganz, indem man die Balken unmittelbar auf einander legte, und die Verkämmungen sehr tief einschnitt. Dieses war z. B. in Warnemünde bei der grofsen, 30 Fufs breiten Steinkiste geschehn, die früher den östlichen Hafenkopf bildete. Auch in Travemünde sah man sonst dieselbe Anordnung. Hier hatte man aber zu den obern, vielleicht auch zu den untern Lagen Eichenholz verwendet, während in den übrigen Häfen allgemein nur Kiefernholz dazu benutzt wurde, das nach manchen Erfahrungen im Wasser sich sogar besser, als Eichenholz erhält.

Von der verschiedenen Breite der Steinkisten ist bereits die Rede gewesen, sowie auch von ihren Längen. Ohne Zweifel ist man in beiden Beziehungen zuweilen zu weit gegangen, denn wenn es darauf ankam, jede einzelne Kiste als ein in sich verbundenes Ganze darzustellen, so war dieses bei mäfsigen Dimensionen am leichtesten zu erreichen, während die unvermeidliche ungleichmäfsige Unterstützung der gröfsern zur Lockerung der Verbindungen, wo nicht zum vollständigen Bruch einzelner Verbandsstücke führen konnte. Auch in der Höhe zeigten sich grofse Verschiedenheiten. Obwohl die obern Steine gewifs um so sicherer lagen, je weiter die Kiste sich über den Wasserspiegel erhob, so trat in diesem Fall doch der Uebelstand ein, dafs die obern Balkenlagen schnell verrotteten, also das Werk einer häufig wiederkehrenden und kostspieligen Reparatur bedurfte. Ich habe Steinkisten gesehn, die bis 5 und sogar 6 Fufs über den mittleren Spiegel der See hinaufreichten. Bei andern hatte man dagegen über die Steinschüttung einen dichten Balkenrost gelegt.

Wenn die Kiste einen eigentlichen Hafendamm bildete, also frei in das Meer trat, so pflegte man die Abpflasterung nach beiden Seiten abzudachen, wenn sie dagegen Uferdeckung war,

Digitized by Google

so neigte ihre Krone sich nur nach der Wasserseite. Im letzten Fall war durch die tiefere Einkämmung den obern Querbalken die Neigung gegeben. Dasselbe geschah häufig auch im ersten Fall, indem die obern Querbalken aus je zwei Stücken bestanden, die beide auf die Mittelwand und aufserdem auch auf je eine der Seitenwände verkämmt waren, und sich nach diesen übereinstimmend mit dem Pflaster senkten.

Die Figur zeigt einige Pfähle, welche auf einer Seite vor die Steinkiste gerammt sind. Dieselben können allerdings in gewissem Maafs ein Ueberneigen der Kiste verhindern, doch darf man sich in dieser Beziehung nicht viel von ihnen versprechen. Jedenfalls gewähren sie aber einen wesentlichen Schutz gegen das Aufstofsen der Schiffe und des Eises, und aus diesem Grunde ist es zweckmäfsig, sie anzubringen, doch ist es entbehrlich, sie nahe an einander zu stellen. Letzteres war indessen zuweilen doch geschehn. Namentlich war die bereits erwähnte grofse Steinkiste in Warnemünde auf drei Seiten von einer dicht schliefsenden Pfahlwand umgeben, und diese bestand nicht aus unbeschlagenen Pfählen, sondern aus eingerammten Balken. Aufserdem befanden sich einige derselben auch an der innern Seite der Wände und namentlich in den Ecken. Auf dem westlichen Hafenkopf, der gleichfalls auswärts durch solche Pfahlreihen gesichert war, hatte man durch diese sogar das Sacken der Kisten zu verhindern gesucht, indem die obern Balkenlagen durch eiserne Bolzen, die mehr als 1 Zoll im Durchmesser hielten, daran befestigt waren. Der Versuch erwies sich aber als ganz verfehlt, indem die Bolzen theils verbogen und tief in das Holz eingedrückt, grofsentheils aber zerbrochen waren. Jedenfalls kann eine solche Absicht nicht gebilligt werden, denn der Vorzug der Steinkisten beruht eben darauf, dafs sie sich immer fest auf den Grund aufstellen, also bei zufälligem Ausspülen desselben auch tiefer hinabsinken, und in dieser Weise den darunter befindlichen Sand möglichst sichern.

Die Steinkiste, welche die Zeichnung darstellt, ist nur mit Steinen gefüllt. Dieses ist auch am angemessensten, obwohl man vielfach zur Verminderung der Kosten, vielleicht auch um den Untergrund mehr zu schützen, den Balkenrost zunächst mit einer starken Lage von Faschinen überdeckt, und die Steinpackung nur bis unter das niedrigste Wasser herabreichen läfst.

Digitized by Google

Die Faschinenlagen behalten aber nicht die Höhe, die sie ursprünglich hatten, vielmehr werden sie lange Zeit hindurch immer stärker comprimirt, und in Folge dessen sinkt die Steindecke darüber fortwährend herab. Dieses geschieht aber keineswegs gleichmäfsig, vielmehr an einer Stelle stärker, als an der andern, und sonach kommt das Pflaster in kurzen Zwischenzeiten immer in Unordnung und erfordert eben so oft Reparaturen, wobei es gehoben und geregelt werden mufs. Wenn man aber die nach und nach vorgenommene Erhöhung der Steinpackung berücksichtigt, so nimmt schliefslich die Faschinenlage einen so kleinen Raum ein, dafs man denselben ohne Mehrkosten auch mit Steinen hätte ausfüllen können.

Noch ein andrer Umstand läfst die Anwendung der Faschinen sehr bedenklich erscheinen, dieselben geben nämlich den äufsern Wänden nicht die nöthige Unterstützung gegen den Stofs der anlaufenden Wellen, und sobald einige Sackung eingetreten ist, entfernt sich die Faschinen-Packung von der Wand und letztere steht bis zur Steinschüttung frei. Man darf zwar keineswegs fürchten, dafs solche Wand, sobald sie von einer starken Welle getroffen wird, sogleich zerbricht, aber bei den immer wiederholten Stöfsen und Pressungen, welche die freiliegenden Balken theils von der Seite, theils aber auch von unten erfahren, dürften leicht schwache Biegungen und Bewegungen eintreten, die nach und nach die Verbindungen lösen und endlich die vollständige Zerstörung herbeiführen. Bei einer Anfüllung mit Steinen ist das Verhalten wesentlich verschieden. Die Steine lehnen sich nicht nur gegen die Balken, sondern liegen vielfach mit ihren Kanten auf denselben auf, und unterstützen sie daher sehr vollständig. Ein nachhaltiges Sacken kann bei einer Steinschüttung, die wie hier auf dem festen Rost und zwischen festen Wänden ruht, nicht eintreten. Nur Anfangs mögen einzelne Steine eine sehr unsichere Unterstützung gefunden haben, die während eines heftigen Wellenschlags nachgiebt, und dadurch alle darauf ruhenden Steine in Bewegung setzt. Jedenfalls sind solche Aenderungen, die immer eine mehr geschlossene Lagerung zur Folge haben, nicht von Bedeutung, und bald hören sie ganz auf, während dadurch zugleich die Wände eine noch festere Unterstützung erhalten.

Vielfach ist die Ansicht verbreitet, dafs Steinschüttungen, die

Digitized by Google

auf Sandablagerungen ruhn und dem Wellenschlag ausgesetzt sind, sich nicht dauernd erhalten lassen, vielmehr durch Ausspülen des Sandes immer tiefer herabsinken und schliefslich verschwinden. Dabei wird oft auf die Erfahrung Bezug genommen, dafs Granitblöcke vor abbrechenden hohen Ufern der Ostsee nach und nach sich tiefer in den Strand einsenken, und wenn dieser beim fortgesetzten Abbruch zurückweicht, endlich unter Wasser liegen, und selbst alsdann bei zunehmender Vertiefung des Bodens ihre Senkung noch weiter fortdauert. Dafs letztere schliefslich ihre Grenze findet, ist nicht zu bezweifeln, denn sobald der Stein so tief liegt, dafs weder Wellenbewegung noch Strömung ihn trifft, so hört auch die Unterspülung auf. Dieses findet jedoch nur in grofser Tiefe statt. Wenn daher die Steinkiste, als ein einzelner grofser Stein betrachtet, eben so weit herabsinken sollte, und dabei immer aufs Neue überhöht werden müfste, so wäre diese Construction viel zu theuer, als dafs man davon Gebrauch machen könnte. Die Verhältnisse sind indessen in diesem Fall wesentlich von denjenigen verschieden, die auf den freiliegenden Stein einwirken. Rings um den Stein kann der Sand in Folge des Wellenschlags in Bewegung kommen, doch geschieht dieses unter der breiten Basis der Kiste nicht so leicht, wenn auch neben ihr Vertiefungen sich bilden. Demnächst sinkt der einzelne Stein auch niemals bis unter die ihn umgebende Sandablagerung herab, noch weniger wird die grofse in sich fest verbundene Kiste dieses thun, und da der Hafendamm nur den Zweck hat, in der Sandablagerung die für die Schiffahrt erforderliche tiefe Rinne darzustellen, so ist eine solche Vertiefung, wie sie vor einem stets zurückweichenden Ufer im Lauf der Zeit eintritt, hier nicht zu besorgen. Endlich wird das Fortspülen des Sandes unter einem auf dem Strand liegenden Stein vorzugsweise dadurch veranlafst, dafs die Welle bei der Annäherung an das Ufer in flacheres Wasser tritt, wobei die kreisförmigen Schwingungen in die horizontale Bewegung übergehn. Dieses geschieht aber nicht vor dem steil ansteigenden Hafendamm und derselbe ist in der Tiefe um so weniger einem starken Angriff ausgesetzt, als hier die Geschwindigkeit und sonach auch der Stofs des Wassers noch geringer wird.

Das Ausspülen des Sandes glaubte man oft dadurch zu verhindern, dafs man den Sand mit einer Faschinenlage oder mit

Digitized by Google

einem Senkstück überdeckte, und deshalb stellte man nicht selten die Steinkiste auf ein solches. Ob dadurch das Einsinken derselben wirklich verhindert worden, dürfte wohl zweifelhaft sein. Findet aber eine heftige Wellenbewegung statt, und zwar auf ansteigendem Grunde, so setzt sich diese auch durch die Reiser einer schwachen Faschinenlage hindurch fort. Ich versuchte einst, eine hohe Sandablagerung, die in der Richtung der Südermole vor Pillau beinahe die Oberfläche des Wassers erreichte, mit einer mäfsig starken Faschinenlage, die mit grofsen Steinen beschwert wurde, zu halten. Im nächsten Frühjahr waren aber Faschinen und Steine nicht wieder zu finden, und der Sand darunter war bis auf grofse Tiefe verschwunden. Die Ueberdeckung einer Sandfläche mit einer schwachen Lage dürfte sonach nicht als sicheres Schutzmittel gegen Abspülung und Vertiefung anzusehn sein. Bei der in Rede stehenden Construction der Hafendämme kommt es indessen hierauf wenig an, da die ganze Zusammensetzung der Steinkisten von der Art ist, dafs sie ohne Störung des Verbands sich senken können.

Was die Verbindung je zweier Steinkisten oder die Ausfüllung des dazwischen frei bleibenden Raums betrifft, so erfolgt diese durch Einwerfen von Steinen, die, wenn sie angemessene Gröfse haben, von den vortretenden Balkenköpfen gefafst werden, so dafs sie nicht seitwärts herabfallen können. Dieses läfst sich auch, wenn die Zwischenräume gröfser sein sollten, durch Pfähle verhindern, die in der Richtung der Seitenwände eingerammt werden. Man wird sich aber bemühn, die Kisten möglichst nahe neben einander zu stellen, so dafs die beiderseitigen Balkenköpfe nicht weiter, als etwa 6 Zoll von einander entfernt bleiben. Es ist alsdann nur zu besorgen, dafs die untern Steine in den Sand eindringen und die darüber liegenden sich gleichfalls senken. Wollte man dieses durch eine Unterlage von Faschinen zu verhindern suchen, so würde leicht die spätere Compression der Faschinen nahe denselben Erfolg haben.

Eine feste Verbindung zweier Kisten mit einander darf nicht dargestellt werden, so lange jede derselben beim Nachgeben des Untergrunds sich noch setzt. Die Möglichkeit, dafs dieses geschieht, hört aber nie auf, und sonach ist es nicht zu billigen, wenn man, wie zuweilen geschehn ist, die obere Balkenlage ohne

Digitized by Google

Unterbrechung über alle Kisten fortlaufen läfst. In diesem Fall wird auch am wenigsten das Pflaster gesichert, vielmehr bei jeder zufälligen Bewegung einer Kiste mehr in Unordnung kommen, als wenn jede für sich behandelt wäre.

Schliefslich mögen noch diejenigen Vorsichts-Maafsregeln erwähnt werden, die nach neueren Erfahrungen geeignet erscheinen, dem Steinkisten-Bau eine gröfsere Solidität zu geben und ihn gegen Beschädigungen möglichst zu sichern. Die Steinkiste hat manche Aehnlichkeit mit dem Senkkasten oder dem Caisson, der gleichfalls im Hafenbau Anwendung gefunden hat. Der Unterschied zwischen beiden beruht darauf, dafs der letzte wasserdicht ist, der eigentliche Hafendamm darin also von unten auf gemauert werden kann, und sonach in sich einen fest verbundenen Körper bildet. Die Steinkiste, gleichfalls mit Seitenwänden und Boden versehn, hat dagegen weit geöffnete Fugen, welche das Wasser ungehindert eindringen lassen. Ein gewöhnliches Mauerwerk läfst sich also darin nicht darstellen, dasselbe kann vielmehr unter dem Wasserspiegel nur durch eine Schüttung von gröfsern Steinen, welche durch die Fugen nicht hindurchfallen, ersetzt werden. Man mufs deshalb in andrer Weise für den festen und unlösbaren Zusammenhang der Masse sorgen, und dieses geschieht durch die Verzimmerung der Kiste, die in der beschriebenen Construction dieser Anforderung auch entspricht. Die Verbandstücke, welche stets unter Wasser bleiben, oder doch wenigstens nie trocken werden, haben erfahrungsmäfsig eine sehr lange Dauer, besonders, wenn sie aus gesundem und ausgewachsenem Kiefernholz bestehn. Es mag dabei erwähnt werden, dafs man im Hafen Travemünde auf einzelne Verbandstücke die Jahreszahl, in der sie verlegt worden, eingeschnitten hatte. 1822 sah ich solche Stücke, und zwar über Wasser, welche 1781 aufgebracht waren, also über 40 Jahre gelegen hatten und noch vollkommen fest waren. Dafs auch diejenigen Bolzen, welche ganz im Holz stecken, zu denen also das Seewasser nicht zutreten kann, gleichfalls eine sehr lange oder unbegrenzte Dauer haben, ist bereits erwähnt worden.

Wenn demnach die Steinkiste mit Vorsicht erbaut, versenkt und gefüllt ist, aufserdem aber der über Wasser liegende Theil sorgfältig unterhalten wird, so stellt sie mit der Steinschüttung eine innig verbundene Masse dar, bei der eine Trennung nicht

Digitized by Google

leichter sein dürfte, als in dem Mauerkörper, der in einem Senkkasten aufgeführt ist. In Betreff der Kosten ist aber die Steinkiste dem Senkkasten weit vorzuziehn. Mag man diesen oder jene wählen, so setzt sich der ganze Hafendamm aus einzelnen von einander getrennten Theilen zusammen und jeder derselben dringt in den weichen Untergrund ein, und bildet sich eine Unterstützung, die nach Maafsgabe der bestehenden Verhältnisse zwar jedesmal zunächst wieder fest steht, bei einer ferneren Unterspülung aber aufs Neue sich senkt. Jeder einzelne Theil kann dabei leicht eine verschiedene Bewegung machen, und sich anders senken oder überneigen, als der daneben befindliche Theil des Damms. In dieser Beziehung sind beide Constructions-Arten demselben Uebelstande ausgesetzt, doch darf man nicht sagen, dafs dabei eine wirkliche Gefahr stattfindet, so lange die einzelnen Theile nicht zerbrechen. Geschieht dieses, so ist die Steinkiste augenscheinlich nicht nur bedroht, sondern ihre vollständige Zerstörung ist unvermeidlich, während die beiden aus einander gebrochenen Stücke des im Senkkasten ausgeführten Mauerwerks zusammenhängende Massen bilden, und als solche wohl immer nahe in derselben Art sich verhalten, wie früher, als sie noch verbunden waren.

Hiernach kommt es darauf an, dem Zerbrechen der Steinkisten genügend vorzubeugen, und hierzu dient nicht nur eine möglichst sorgfältige und innige Verbindung der Balken, sondern man mufs auch darauf Rücksicht nehmen, dafs die in Rede stehende Gefahr mit der gröfseren Ausdehnung der Kisten in hohem Grade zunimmt. Die Kiste darf also keine unnöthige Breite und Länge erhalten. Beides ist auch in der That nicht erforderlich, denn es kommt nur darauf an, der Masse eine solche Gröfse zu geben, dafs sie von dem Stofs der Wellen nicht bewegt wird. Hierzu genügen aber schon sehr mäfsige Dimensionen, wobei sich bereits Prismen bilden, welche an Masse die gröfsten Béton-Blöcke weit übertreffen. Man wird es gewifs immer vermeiden, zwei Reihen Kisten neben einander zu stellen, um dem Hafendamm eine gröfsere Breite zu geben. Diese ist aber meist entbehrlich, da der Damm schon bei mäfsiger Breite hinreichende Stabilität hat, um dem Stofs der heftigsten Wellen zu widerstehn. Sollte es aber darauf ankommen, auf der Mole

Digitized by Google

solchen Raum zu gewinnen, dafs Güter und Personen aus den Schiffen abgesetzt und vielleicht sogar eine Eisenbahn darauf gelegt werde, so bietet sich auf der Hafenseite leicht die Gelegenheit zu andern und einfacheren Holz-Constructionen. Hiernach dürfte eine Breite der Steinkiste von 18 Fufs in der Höhe des Wasserspiegels die äufserste Grenze sein, die man nie zu überschreiten braucht. Bei der angenommenen Böschung von 1 : 4 würde alsdann die untere Breite in der Tiefe von 10 Fufs sich auf 23 Fufs, bei 15 Fufs auf $25\frac{1}{2}$ und bei 20 Fufs Tiefe auf 28 Fufs stellen. Die Länge der Kiste dürfte dieses letzte Maafs auch nicht viel überschreiten. Wenn man die Länge auf 32 Fufs beschränkt, wobei zwei Mittelwände erforderlich sind, so ist kaum zu besorgen, dafs eine so ungleichmäfsige Unterstützung des Bodens, namentlich auf losem Sandgrunde eintreten kann, dafs ein Bruch möglich wäre. Eine gewisse Elasticität besitzen auch die Balken. Sobald man aber eine starke Vertiefung an einer Stelle neben der Kiste bemerkt, so kann man bis zu der Höhe, welche von den Kielen der Schiffe noch nicht erreicht wird, durch Steinschüttung der weitern Ausdehnung derselben vorbeugen.

Eine zweite und sehr wichtige Vorsichts-Maafsregel bezieht sich darauf, dafs man die Kiste an der Stelle vor Beschädigungen sichert, wo solche zuerst eintreten, und von wo aus wohl in allen Fällen die Zerstörungen begonnen und sich weiter fortgesetzt haben. Dieses ist der obere Theil der Steinkiste. Die hier befindlichen Balkenlagen werden abwechselnd nafs und trocken und verlieren daher ihre Festigkeit. Indem sie nachgeben und ihre Verbindung sich lockert, so unterstützen sie das Pflaster nicht mehr vollständig, dieses löst sich, und alsdann werden leicht einzelne Steine herausgeworfen. Ist dieses geschehn, so folgen bald auch die übrigen Pflastersteine, und noch stärkere Bewegungen treten in den darunter befindlichen Lagen der unregelmäfsig auf einander geworfenen Steine ein. Die Zerstörungen setzen sich aber von den Steinen wieder auf die Wände der der Kisten fort, die nunmehr in ihren obern Theilen frei stehn. Namentlich die obern Balken, denen jede Belastung genommen ist, geben dem Druck der Wellen, der sie von unten trifft, bald nach, und in dieser Weise bricht der ganze Bau immer tiefer auf, und verschwindet vielleicht endlich vollständig.

Digitized by Google

Durch Anwendung schnell bindender Cemente, die gegenwärtig im Hafenbau vielfach gebraucht werden, lassen sich diese Uebelstände und Gefahren zum Theil beseitigen. Man führt nämlich die Seiten- und die Querwände nur bis zur Höhe des mittleren Wasserstands auf, und die Steinpackung über demselben ersetzt man durch ein Mauerwerk aus lagerhaften Bruchsteinen, das in gehörigem Verbande und in gut bindendem Mörtel ausgeführt wird. Diese Arbeit darf indessen nicht früher vorgenommen werden, als bis die Steinschüttung in den Kisten sich vollständig gesetzt hat. Sollte die ganze Kiste sich noch senken, so bedarf es nur einer neuen Ueberhöhung der Mauer. Die Zwischenräume zwischen den Kisten können, sobald die starken Bewegungen aufgehört haben, gleichfalls durch solches Mauerwerk geschlossen werden. Brüche an diesen Stellen bleiben zwar immer zu besorgen, doch sind solche gefahrlos. Es leuchtet ein, dafs man bei aufmerksamer Behandlung des Damms, indem man zugleich die Uebermauerung etwas einzieht, wo die Kiste übergewichen ist, ein ziemlich regelmäfsiges Werk auch bei dieser Constructions-Art darstellen kann. Es bleibt auch unbenommen, darauf noch eine Brustmauer an die Seeseite zu stellen, um den Verkehr selbst bei heftigem Wellenschlage nicht zu unterbrechen.

Noch ist zu bemerken, dafs, wenn man die Fugen zwischen den Balken der Seitenwände und des Rostes durch Dielen schliefst, die auf die innere Seite genagelt werden, dafs alsdann auch der Ausfüllung der Kiste mit Béton nichts im Wege steht, und sonach auch mittelst dieser Kisten eine in ihrer ganzen Höhe verbundene Mauermasse dargestellt werden kann. Die Holzwände würden alsdann nach eingetretener Erhärtung des Bétons entbehrlich sein. Der Bau wird in diesem Fall aber so kostbar, dafs der gröfste Vorzug der Steinkisten, nämlich ihr vergleichungsweise sehr geringer Preis, dabei verschwindet. Dafs übrigens die Holzpreise wesentlichen Einfluſs auf die Wahl der Bauart haben, bedarf kaum der Erwähnung, und wo dieselben sich hoch stellen, während brauchbare Steine in der Nähe vorkommen, wird man die Steinkisten wohl nie wählen.

Nichts desto weniger entschlofs sich Ch. Hartley dennoch beim Beginn der Arbeiten an der Sulina-Mündung (§ 40 a), diese Constructions-Art in Anwendung zu bringen, indem die

Digitized by Google

Steine aus den Brüchen bei Toultcha für mäfsige Preise zu beziehn waren. Nach den Zeichnungen*) erbaute er Kisten von 40 Fufs Länge und 15 Fufs Breite und Höhe ohne Mittelwand, jedoch mit vier Querwänden. Dieselben wurden aber in mehrfacher Beziehung vergleichungsweise gegen die vorstehend beschriebene Bauart wesentlich verstärkt. Der Boden, unter welchem rings umher noch zwei Balken über einander lagen, bestand aus einer geschlofsnen Balkenlage, eben so waren auch die Wände aus Balken gebildet, die sich unmittelbar berührten. Zwischen diese griffen die Balken der Querwände, die nicht nur durch vortretende Köpfe, sondern auch durch schwalbenschwanzförmige Kämme verbunden waren. Aufserdem fehlten auch nicht die Bolzen, und überdiefs sicherte er die lothrechten innern Kanten der Kisten noch durch Eckeisen. In den Zwischenwänden berührten die Balken sich nicht unmittelbar, sondern einer um den andern war fortgelassen, dagegen überdeckte man die ganze Kiste, nachdem sie versenkt und auf drei Viertel ihrer Höhe, oder bis zum mittleren Wasserstande, mit Steinen gefüllt war, noch mit einer dicht schliefsenden Balkenlage.

In dem zum Atlas gehörigen Mémoire wird gesagt, dafs diese Kisten, in Betreff ihrer Festigkeit sich zwar bewährt hätten, dafs sie aber zu theuer gewesen wären, um damit den ganzen Bau auszuführen. Man ging daher schon 1860 zu Steinschüttungen über, die sich an Pfahlreihen lehnten, und benutzte die Kisten nur noch, um bei Eintritt des Winters die jedesmaligen Enden der Dämme zu schützen.

Auch in den Französischen Häfen am Canal kommen vielfach Constructionen vor, die insofern zu den Steinkisten gezählt werden dürften, als grofse Steinmassen in gewisse von Holzwänden umschlofsne Räume eingebracht sind. Da jedoch hierbei vorzugsweise die Absicht verfolgt wird, über niedrigen Dämmen Brücken darzustellen, und die Steine nur die Stabilität derselben sichern sollen, so wird die Beschreibung dieser Bauten passender bei Gelegenheit der Ueberbrückungen gegeben werden.

---

*) Plans comparatifs de l'embouchure et de differentes sections fluviales du bras de Soulina. Leipzig 1867. Planche XIV.

Digitized by Google

§ 57.

Pfahlwände.

Gewifs liegt der Gedanke sehr nahe, die Hafendämme aus eingerammten Pfahlwänden zu erbauen, oder durch solche dem dagegen geschütteten Material den nöthigen Halt zu geben. Dieses ist vielfach geschehn und zwar auch an Meeren, die einem starken Fluthwechsel unterworfen sind, und selbst an Küsten, wo der Bohrwurm die Benutzung des Holzes bedenklich macht.

Gegen die letzt benannte Gefahr hat man in neuerer Zeit vielfach und zuweilen mit günstigem Erfolg das Holz durch Tränken mit gewissen Auflösungen zu schützen versucht. Besonders hat sich bei Kiefernholz die Verwendung des Creosots bewährt. Dabei wird der Splint eben so gut, wie der Kern gesichert, doch mufs die Lösung hinreichend kräftig sein, und es ist nöthig, auf den Cubikfufs Holz etwa 20 Pfund Creosot zu rechnen. Der Preis dafür mit allen Nebenkosten stellt sich etwa auf 8 Silbergroschen für den Cubikfufs*). Die Pfähle gewinnen hierdurch noch in anderer Beziehung, indem sie bei abwechselnder Benetzung nicht so leicht verrotten.

Eine einfache Pfahlwand, in der die Stämme sich unmittelbar berühren, würde schon die Verbreitung des ausgehenden Stroms verhindern, auch die Wellen weniger in das Fahrwasser eintreten lassen. Man mufs indessen bezweifeln, ob eine solche Construction, selbst wenn sie in tiefem Wasser ausgeführt ist, wo die Wellen noch die regelmäfsig schwingende Bewegungen haben, hinreichenden Widerstand leisten kann. Rendel bemerkte zwar beim Bau des Hafens bei Portland, dafs die Rüstpfähle, die Behufs der Steinschüttung aufgestellt wurden, selbst beim stärksten Wellenschlag in tiefem Wasser nicht abgebrochen, noch auch in ihren schwachen gegenseitigen Verbindungen gelöst wurden. Dabei mufsten aber

*) Sehr eingehend ist dieser Gegenstand von Forestier in den Annales des ponts et chausées 1868. I, pag. 307 behandelt. Daselbst werden auch Mittheilungen über die verschiedenen Arten der Bohrwürmer gemacht, und die muschelförmigen Schalen derselben beschrieben, mittelst deren sie das Holz zerreiben.

Digitized by Google

horizontale oder schräge Verbandstücke vermieden werden, welche von den Wellen abgehoben oder gebrochen wurden. Einem viel stärkern Angriff sind Constructionen auf einem ansteigenden Grunde ausgesetzt, über welchem die Wellen schon die fortschreitende Bewegung angenommen haben. Die Holzwand vor dem Ufer bei Petten (§ 24) konnte ohnerachtet ihrer mäfsigen Höhe nur durch starke Verstrebungen und dahinter angebrachte Steinkisten gesichert werden. Bei den Verflachungen zur Seite eines Hafendamms würde eine solche Wand daher unfehlbar nicht zu halten sein. Hierzu käme aber noch, dafs sie auch beim Anstofsen der Schiffe leicht brechen könnte.

Aus diesen Gründen hat man wohl niemals einen Hafendamm aus einer einfachen Pfahlreihe am offenen Meer dargestellt. Am Erie-See ist dieses freilich geschehn, doch mufste auch hier die Construction bald verstärkt werden. Vor der Stadt Erie liegt eine schmale Landzunge, die an das westliche Ufer sich anschliefst. Auf der östlichen Seite befindet sich der Zugang zu der durch sie gebildeten Bucht, die einen sichern Hafen darstellt. Die Einfahrt in dieselbe war aber zu flach, und so oft sie vertieft wurde, schlofs sie sich wieder, sobald ein stärkerer Wellenschlag statt fand. Um sie offen zu erhalten, verengte man sie, und dieses geschah durch einfache dichte Pfahlwände, die über Wasser durch Zangen an beiden Seiten verbunden waren. Nach kurzer Zeit brachte man indessen sowol vor als hinter diesen Wänden Steinschüttungen an, die einige Fufs über dem Grunde sich an die Pfähle lehnten.

Eine ähnliche Construction und zwar mit Steinschüttungen, deren Kronen in den mittleren Wasserspiegel traten, wurde provisorisch in der ganzen Ausdehnung der Dämme vor der Sulina-Mündung gewählt, nachdem die Steinkisten, wie bereits mitgetheilt, zu kostspielig befunden waren. Wenn man indessen diese Kisten in ganz ungewöhnlicher Weise verstärkt und sogar die darin befindlichen Steine durch vollständige Umschliefsung gesichert hatte, so befremdet es gewifs, dafs man nunmehr die Steine ganz ungeschützt dem Wellenschlag aussetzte. Die dichte Pfahlwand, oder vielmehr Balkenwand konnte freilich bei mäfsigem Seegang das Uebertreten der Steine von der äussern Dossirung auf die innere verhindern, aber keineswegs konnte sie

Digitized by Google

die Schüttung in der Lage erhalten, in welcher sie dargestellt war. Bei heftigem Wellenschlag trieben die obern Steine hin und her, rollten nach der Seeseite herab und wurden auch wohl über die Krone fortgeschleudert. Nach vier Jahren war die Schüttung so verbreitet, dafs sie 5 Fufs unter dem Wasserspiegel lag. Auch waren auf beiden Seiten Vertiefungen des Grundes von etwa 3 Fufs eingetreten.

Indem dieser Bau in hohem Grade die Aufmerksamkeit von ganz Europa erregt hat, so scheint es nöthig, auch die Construction zu beschreiben, die man schliefslich wählte, wenn dieselbe auch keine Nachahmung finden dürfte.

Nach dem Bericht der Europäischen Commission, worin freilich das Technische nur sehr kurz angedeutet wird, sind drei Pfahlreihen in den Dämmen zur Ausführung gekommen. Im zweiten Bande der angeführten Sammlung von Zeichnungen (Leipzig 1874) und zwar Blatt XII zeigt dagegen das Querprofil wie den Grundrifs vom Haupttheil des nördlichen Damms sogar mit fünf Pfahlreihen. Unter diesen ist jedoch nur eine einzige eine dichte Wand. Die vier andern, die in der Profilzeichnung nur durch punktirte Linien angedeutet sind, dienten wahrscheinlich zur Rüstung, oder zur Aufstellung der Tafeln, zwischen welchen die Bétonblöcke geformt wurden, die man aber später beseitigte. In der Copie dieses Profils Fig. *N* auf Taf. XXXIII b ist daher nur jene erste Wand angegeben. Nachdem während einiger Jahre die Steinschüttung in ihrer Krone wiederholentlich bis zu einer gewissen Tiefe versunken war, beschlofs man, in dieser Tiefe ein Prisma aus Béton von 10 Fufs Breite und $8^1/_4$ Fufs Höhe auf die Schüttung zu stellen. Dieses geschah in der Länge von 1800 Fufs auf dem äufsern Theil des nördlichen Damms, während der Kopf, der einen Leuchtthurm tragen sollte, sowol mit einer kreisförmigen dichten Pfahlwand umgeben, wie auch seine Uebermaurung verbreitet wurde.

Zur Darstellung dieser Prismen wurde die Krone der versunkenen Schüttung durch Taucher in der Tiefe von 5 Fufs unter Wasser ausgeebnet, und indem an den Seiten Tafeln aus Brettern aufgestellt und gegen die vorhandenen Pfähle gelehnt wurden, brachte man zwischen diesen den Béton soweit ein, dafs er über Wasser trat. Durch besondere Probeblöcke hatte man

Digitized by Google

sich vorher überzeugt, dafs wenn einem Theil Portland-Cement 4 Theile Sand und Kies, oder noch mehr des letztern zugesetzt waren, der Béton nicht die erforderliche Härte annahm. Es wurde also ein geringeres Mischungsverhältnifs gewählt, das jedoch nicht näher angegeben ist. Der über Wasser befindliche Theil des Béton-Prismas war 9 Fufs breit.

Zur Sicherung des so dargestellten Oberbaus wurde der Raum zwischen dem Prisma und der dichten Balkenwand mit Béton gefüllt, und seeseitig von dieser Wand die Steinschüttung erhöht, erweitert und mit Béton-Blöcken überdeckt. Stromseitig, wo wegen der verstärkten Ausströmung Vertiefungen zu besorgen waren, versetzte man zunächst zwischen den Rüstpfählen, nachdem durch Taucher die Schüttung bis 7 Fufs unter Wasser ausgeebnet war, wieder Béton-Blöcke von $4^1/_2$ Fufs Höhe, 5 Fufs Länge (in der Richtung des Damms) und 6 Fufs Breite, die auf dem weiter aufwärts belegenen Ufer geformt waren. Die Zwischenräume zwischen denselben sowie zwischen ihnen und den grofsen Prismen wurden wieder mit Béton gefüllt, und schliefslich auch auf dieser Seite die Steinschüttung erhöht und verbreitet.

Es leuchtet ein, dafs die sehr theure, aus eingerammten Balken bestehende dichte Wand nur während der Ausführung des Baues einen Durchbruch verhindern sollte, und später zwecklos geworden ist. Die Enden der Dämme wurden aber bei der jedesmaligen Einstellung der Arbeiten vor Eintritt des Winters, soweit es nöthig schien, mit Béton-Blöcken umgeben.

Bisher ist nur von einfachen Pfahlwänden die Rede gewesen, zu wesentlich verschiedenen Constructionen bietet sich aber Gelegenheit, wenn man *zwei Pfahlwände* ausführt, die unter sich verankert und verstrebt werden, und andres Material, welches von den Wellen leicht aus einander geworfen und fortgetrieben werden würde, dazwischen schüttet. Bei dieser Construction lassen sich auch Hafendämme von solcher Breite darstellen, dafs sie nicht nur bequem betreten, sondern beim Anlegen von Schiffen auch zum Lagern von Gütern benutzt werden können.

Bei Ausführung dieser doppelten Pfahlreihen entsteht zunächst die Frage, mit welchem Material der *Zwischenraum gefüllt* werden soll. Hiervon hängt vorzugsweise die ganze

Digitized by Google

Anordnung ab, doch ist sie zum Theil auch durch die Höhe bedingt, bis zu der die Füllung hinaufreicht.

In den Niederlanden, wo Steinmaterial längs der ganzen Meeresküste sich nicht vorfindet, und daher mit grofsen Kosten, theils vom Ober-Rhein und theils aus Schweden beigeschafft werden müfste, wird die Anwendung desselben auf das geringste irgend zulässige Maafs beschränkt, indem man vorzugsweise dafür Faschinen benutzt. Diese gestatten in so fern noch eine Vereinfachung des Baues, als sie zu ihrer Umschliefsung keine dichte Wand erfordern, also die Pfähle einige Fufs weit von einander entfernt sein dürfen. Die Faschinen kann man indessen, wenn sie nicht schnell verrotten sollen, nicht hoch über Wasser legen. Die Packung bleibt daher in der Regel sehr niedrig, so dafs zum Betreten des Damms, und um von demselben aus den einkommenden Schiffen Hülfe leisten zu können, noch eine besondere hölzerne Ueberbrückung nothwendig wird. Die Faschinen bedürfen aber auch der Beschwerung, und diese erfolgt durch mäfsig grofse und flache Steine, die einfach neben einander gelegt werden. Wenn nach einigen Jahren die Faschinen so tief gesunken sind, dafs der Damm seinen Zweck nicht mehr vollständig erfüllt, so hebt man die Steine ab, bringt eine neue Faschinenlage auf und beschwert diese mit denselben Steinen. Letztere müssen aber noch gegen Entwendung möglichst gesichert werden, weil sie sonst bei dem vielfachen Bedürfnifs, namentlich bei der Fischerei, in kürzester Zeit verschwinden.

Indem auch die Faschinen kostbar und zugleich sehr vergänglich sind, so bleibt die Höhe der Packung mit Einschlufs der darauf ruhenden Steinlage gewöhnlich nur wenig über dem mittleren Wasserstand. Die Fluth tritt also darüber und es bildet sich quer durch den Hafen eine Strömung, die in zweifacher Beziehung nachtheilig ist. Theils werden viele erdigen Stoffe hinüber geführt, die bei der verminderten Strömung im Fahrwasser niederschlagen, also dasselbe verflachen, theils aber ist diese Strömung beim Ein- und Ausbringen der Schiffe höchst unbequem, auch sind diese, sobald sie sich zwischen den Hafendämmen befinden, noch keineswegs den Wellen entzogen, welche frei hinüberschlagen.

Solche Bauwerke haben, ohnerachtet der Verstrebungen, die

Digitized by Google

man darin anbringt, keineswegs eine grofse Festigkeit. Die Faschinen-Packung bietet den Wänden keine sichere Stütze, weil sie jedem Stofs nachgiebt. Storm Buysing sieht hierin einen Vorzug dieser Constructions-Art. Er giebt zu, dafs beim Anfahren der Schiffe leicht der Damm beschädigt werden kann, doch meint er, dafs dieser Uebelstand ein weit geringerer sei, als wenn der Damm absolut fest wäre, und die Beschädigung alsdann die Schiffe treffen müfste. Mit Rücksicht auf die Reparatur-Kosten in dem einen und dem andern Fall dürfte diese Ansicht wohl begründet sein, aber andrerseits ist es doch nothwendig, Anlagen, die dem öffentlichen Verkehr dienen, möglichst vor Beschädigungen zu sichern, und dazu kommt noch, dafs Schiffer und Lootsen weit weniger Vorsicht anwenden, um den Stofs zu vermeiden, wenn sie wissen, dafs der Hafendamm nachgiebt, als wenn dieses nicht geschieht und das Schiff selbst dabei in Gefahr kommt. Das häufige Gegenstofsen ist sonach oft nur die Folge der leichten Construction des Hafendamms. In andern Ländern ist solche Rücksicht auch unbekannt, und nur bei den frei stehenden Gordungswänden in manchen unsrer Häfen scheinen ähnliche Rücksichten maafsgebend gewesen zu sein.

Um einige Beispiele der erwähnten Construction zu bezeichnen, wähle ich zwei Häfen am Hollands-Diep, also an dem weit geöffneten und der Fluth und Ebbe ausgesetzten Stromlauf, durch den die Maas und der gröfste Theil des Rheins ausmündet. Bei Moerdijk, der Ausmündung der Dortschen Kil gegenüber, besteht ein solcher kurzer Hafendamm. Er wurde ursprünglich aus Eichenholz erbaut, dieses zeigte sich aber keineswegs besonders dauerhaft, woher bei den Reparaturen nur Kiefernholz verwendet wird. Der Damm ist an seinem Kopf 33 Fufs breit, und verbreitet sich nach dem Ufer. Er wird umgeben von Pfählen aus beschlagenem Holz, die zwischen sich lichte Räume von etwa 1 Fufs Weite frei lassen. Diese Pfähle sind zunächst durch zwei Paare Zangen verbunden, die in der Höhe des gewöhnlichen Hoch- und Niedrigwassers angebracht sind. Aufserdem stehen noch drei Pfahlreihen der Länge nach im Innern, in welchen die Pfähle jedoch etwa 8 Fufs von einander entfernt sind. Letztere sind verholmt und unterstützen die Querbalken, welche auf den Zangen der äufsern Wände aufliegen. Diese obere Balkenlage ist mit

Digitized by Google

einem Bohlenbelag versehn, der als Landebrücke dient. Mehrfache Verstrebungen kommen in den Längs- und Querwänden vor, und an der Hafenseite, wie vor den Kopf sind noch einige Pfähle vorgerammt, welche die Stelle der Reibehölzer vertreten. Die Granitgeschiebe, welche die Faschinen-Packung überdecken, reichen mit ihrer Oberfläche nur etwa 1 Fufs über das gewöhnliche Niedrigwasser.

Sehr genau stimmt hiermit der Hafendamm vor Willemstadt überein, der einige Meilen weiter stromabwärts sich befindet und deshalb einem stärkern Wellenschlag ausgesetzt ist. Man hat denselben zum Schutz gegen den Eisgang noch durch ein ziemlich unregelmäfsiges Pfahlwerk zu sichern für nöthig befunden. Der Damm ist am Kopf 26 Fufs breit und verbreitet sich gleichfalls landwärts. In seiner Mittellinie befindet sich keine Pfahlwand. Die umschliefsenden Wände sind eben so wie die bei Moerdijk construirt, doch mit Bohlen verkleidet, auch hat man, um Vertiefungen daneben zu verhindern, sie noch mit einfachen Senkstück-Lagen umgeben. Die Brücke liegt etwa 3 Fufs über der gewöhnlichen Fluth, und die Steinlage, welche die Faschinen-Packung beschwert, erhebt sich nur wenig über gewöhnliches Niedrigwasser.

Wesentlich unterscheidet sich hiervon der Hafendamm, der auf der Nordseite der Insel Voorne am Eingange des Canals nach der Maas herausgeführt ist. Dieser Canal wurde bisher von allen gröfseren Schiffen durchfahren, die nach Rotterdam aufgingen. Die Maas ist nämlich an ihrer Mündung bei Briel sehr flach, es mufste daher ein Fahrwasser aus der Maas nach dem Zuider-Diep, zwischen den Inseln Voorne und Goeree eröffnet werden, und dieses bildet der Canal, der auf der Ostseite von Hellevoetsluis seine südliche Mündung hat. Letztere ist durch den Hafen von Hellevoetsluis gedeckt, aber vor der nördlichen Mündung war die Anlage eines schützenden Hafendamms nothwendig. Der Querschnitt desselben, ohnfern des Kopfes genommen, ist in Fig. 150 auf Taf. XXXIII dargestellt. Die Construction ist der grofsen Tiefe ohnerachtet dennoch weniger solide, als die der ähnlichen Bauten am Hollands-Diep, und dieses begründet sich wohl darin, dafs die Maas hier weniger Ausdehnung hat, und daher auch nur schwächere Wellen sich darauf bilden. Die

Digitized by Google

Breite dieses Damms ist in seiner ganzen Länge dieselbe und mifst in der Brücke 23 Fufs. Eine Reihe schräge eingerammter Pfähle umgiebt das Werk, dieselben stehn am Kopf 3 Fufs und an der Wurzel 4 Fufs von Mitte zu Mitte aus einander, der Kopf ist indessen nicht flach abgeschnitten, sondern hat die Form eines halben Achtecks. In dem Mittelpunkt desselben befindet sich der starke Schiffshalter, den die Figur zeigt. Mittlere Pfahlreihen fehlen hier, die umgebenden Reihen sind aber an der innern Seite durch Zangen verbunden, und diese tragen die Brücke. Vor der Ausführung wurde eine Senkstücklage auf den Grund gelegt. Die Pfähle sind durch dieselbe hindurch gerammt, und der innere Raum zwischen den letztern ist bis unter die Brücke mit Faschinen ausgepackt, die nicht so, wie die Zeichnung irrthümlich angiebt, sondern in der Richtung des Damms liegen. Eine einfache Lage von Decksteinen beschwert dieselben.

Auch in andern Niederländischen Häfen sind Constructionen angewendet, die mit den beschriebenen nahe übereinstimmen. Es mufs aber daran erinnert werden, dafs bisher in den Niederlanden kein Hafen unmittelbar an der offenen See lag, solche befanden sich vielmehr sämmtlich in den Mündungen der Ströme oder Binnenseen, die zwar grofsentheils tiefe Fahrwasser darstellen, wo aber dennoch der Wellenschlag sich schon mäfsigt, und daher leichtere Verbindungen gestattet waren. Die gröfsern dieser Häfen, wie zum Beispiel Nieuwen-Diep, Hellevoetsluis und andre, bestehn aber schon seit sehr langer Zeit, und die Hafendämme, die man daselbst sieht, sind durch die nach und nach daran vorgenommenen Reparaturen und Verstärkungen so sehr verändert und entstellt, dafs es nicht leicht ist, darin ein durchgreifendes System zu erkennen. Dennoch zeigen sie im Allgemeinen immer, dafs zwischen zwei Pfahlreihen Faschinen gepackt sind. Ueber diese hat man zuweilen auch, wie bei Nieuwen-Diep geschehn ist, Wiergras aufgebracht.

Ein wesentlicher Vorzug dieser Bauart vor allen übrigen besteht darin, dafs der Damm sehr leicht ist und sonach auf den Untergrund nur einen mäfsigen Druck ausübt. Sie empfiehlt sich daher besonders, wenn man den festen Boden erst in grofser Tiefe antrifft und lockerer Schlamm denselben überdeckt. Ohne Zweifel ist dieser Umstand Veranlassung gewesen, dafs man in

Digitized by Google

den Niederlanden so vielfach dergleichen Faschinendämme ausführte, und eben deshalb wird auch gegenwärtig in dieser Art der Hafendamm vor der Mündung des Elbingflusses in das Frische Haff erbaut.

Schon im ersten Theil dieses Handbuchs § 24 wurde mitgetheilt, dafs die südwestliche Grenze des Frischen Haffs vor den zahllosen kleinen Armen, in welche die Nogat vor ihrer Mündung sich spaltet, in jedem Jahr weiter vortritt. In ähnlicher Weise geschieht dasselbe auch vor dem in östlicher Richtung in das Frische Haff mündenden Arm der Weichsel, die Elbinger Weichsel genannt. Die durch diese Ströme herabgeführten erdigen Theilchen sinken aber keineswegs unmittelbar vor dem Ufer nieder, sondern werden noch durch die Wellenbewegung, die nicht selten hier kräftig eintritt, meilenweit fortgeführt und haben den Grund mit einer hohen Lage Schlamm überdeckt, der oben halbflüssig ist, in weiterer Tiefe aber etwas fester wird, jedoch dem Gewicht darauf gebrachter Massen nicht Widerstand leistet und das Herabsinken derselben nicht verhindert.

Auf der Ostseite dieser Alluvionen mündet der Elbing-Flufs, der sehr reines Wasser abführt, indem er etwa $1\frac{1}{2}$ Meilen vor seinem Eintritt in das Haff aus dem über eine Meile langen Drausen-See kommt, worin die erdigen Theilchen schon niedergeschlagen sind. Auf diesem Flufs findet ein bedeutender Schiffsverkehr statt, der nicht nur bis Elbing, sondern auch durch den Drausen-See hindurch nach dem Oberländischen Canal (Theil II § 78) sich erstreckt. Soweit die Wasserstrafse von festen Ufern eingeschlossen ist, hat sie hinreichende Tiefe, oder wo solche fehlt, ist sie durch Baggern leicht wieder herzustellen. Im Haff selbst ist sie aber schwer zu erhalten. Um sie hier vor Verflachungen zu sichern, wurde schon seit langer Zeit auf ihrer westlichen Seite ein Damm ausgeführt, der unter Anwendung verschiedener Constructions-Arten nach und nach über eine halbe Meile lang geworden ist. Die Verlandungen haben grofsentheils bis nahe an ihn heran sich ausgedehnt. Der frei in das Haff tretende Theil, der etwa vor zwanzig Jahren in Senkstücken und mit Steinbedeckung erbaut wurde, ist aber vollständig versunken, so dafs man mit Böten überall darüber fortfahren kann.

Elbing war in früherer Zeit ein wichtiger Handelsplatz,

Digitized by Google

zu dem Seeschiffe gelangen konnten. Wenn diese auch wohl keinen grofsen Tiefgang hatten, so war das Fahrwasser doch unbedingt tiefer, als es jetzt ist. Durch ununterbrochene Baggerung gelang es in neuerer Zeit nicht mehr, die Tiefe von 9 Fufs zu erhalten, die oft stellenweise auf 8 und wohl gar auf 7 Fufs sich verringerte. Manche Umstände haben dazu beigetragen, dafs eine lebhafte Industrie, namentlich im Schiffbau, sich hier entwickelte. Auch besteht eine regelmäfsige Dampfschiff-Verbindung zwischen Swinemünde und Elbing und sonach trat das Bedürfnifs immer dringender ein, ein besseres Fahrwasser zu schaffen. Die Anforderungen in dieser Beziehung sind bisher noch mäfsig geblieben, da der Hafen nicht vom Staat, sondern von der dortigen Kaufmannschaft verwaltet wird. Man wünscht zur Zeit nur ein Fahrwasser, durch welches Schiffe von 9 Fufs Tiefgang einlaufen können. Zu diesem Zweck wird gegenwärtig mit Unterstützung Seitens des Staats ein Hafendamm ausgeführt und daneben eine Fahrrinne ausgebaggert.

Das Project zu diesem Bau wurde bereits vor mehreren Jahren aufgestellt. Die Richtung der alten Mole durfte aber nicht verfolgt werden, da die Kaufmannschaft die frei austretende Verlängerung der Mole zu weit westwärts verlegt hatte, um die Sinkstoffe schon früher aufzufangen, welche Absicht jedoch nicht erreicht wurde, da die Fahrrinne nach wie vor in gleicher Art verlandete. Wenn die durch den Elbing-Flufs veranlafste Strömung auch nur sehr mäfsig ist, so kann man dennoch einige Wirkung von derselben erwarten, und es ist daher jetzt eine nur schwach, aber gleichmäfsig ostwärts gekrümmte Richtung der Mole gewählt, an deren concaver Seite das Fahrwasser durch Baggern dargestellt werden soll. Die Mole selbst aber wird nach dem Beispiel der vorstehend erwähnten Niederländischen Hafendämme möglichst leicht, also aus Faschinen mit schwacher Steinbedeckung erbaut.

Manche dagegen erhobene Bedenken, besonders aber die Beschaffung der nöthigen Geldmittel verzögerten mehrere Jahre hindurch den Bau. Derselbe wurde endlich 1877 begonnen. Inzwischen waren einige Aenderungen des Projects nöthig erachtet, wesentlich erfuhr dasselbe aber dadurch eine günstige Veränderung, als man bei Ausführung des Caseburger Durch-

Digitized by Google

stichs sich davon überzeugt hatte, wie sehr die Baggerarbeit sich erleichtert, wenn man bei Benutzung eines Kreiselbaggers das gehobene Material unmittelbar in Röhren hinter dem Damm ausgiefst. Hierzu war die Gelegenheit überaus günstig, und es wurden dadurch nicht nur die Kosten in hohem Maafse vermindert, sondern der Damm selbst scheint auch beim Eindringen des Schlamms zwischen die Reiser der Faschinen eine Solidität zu gewinnen, die man ihm in anderer Weise nicht leicht geben konnte. Wenn auch nicht zu erwarten, dafs seine Krone gar nicht nachsinken sollte, so darf man doch annehmen, dafs dieses weniger erfolgen wird, als wenn die Zwischenräume der Reiser frei geblieben wären.

Die Art der Ausführung ist folgende: zwei Pfahlreihen, die 15 Fufs von einander entfernt sind, schliefsen den Damm ein. Die Abstände der einzelnen Pfähle in den Reihen messen 10 Fufs von Mitte zu Mitte, und zwar stehn je zwei in beiden Reihen einander gegenüber, so dafs sie gegenseitig durch Eisenstangen verankert werden können. Diese Pfähle sind so lang, dafs sie in festeren Boden eingreifen, also an dem Sacken der Packung nicht Theil nehmen. Sie reichen 1 Fufs über Mittelwasser, und sind an den innern Seiten durch Gurtungen mit einander verbunden. An letztere lehnen sich Wände von lothrecht eingestofsenen Brettern, die nur wenig in den Grund eindringen, und zwischen diese werden Faschinen gepackt und über Wasser mit flachen Steinen überdeckt.

Die Baggerung wird nicht bis an den Damm fortgesetzt, vielmehr läfst man davor ein 10 Fufs breites Banket. Der über den Damm geworfene Schlamm nimmt haffseitig die Böschung von 1 : 40 bis 1 : 50 an, woraus sich ergiebt, dafs er sehr dünnflüssig ist, nichts desto weniger wird er in den Ablagerungen über Wasser dennoch nach einigen Tagen schon so fest, dafs man ziemlich sicher darauf gehen kann. Es steht dahin, ob diese Erfahrung vielleicht noch zur Vereinfachung der Construction führen wird.

Wenn der Untergrund so fest ist, dafs er bei starker Belastung nicht seitwärts ausweicht, und dabei die Pfahlwände fortschiebt, sondern nur durch Wellenschlag und Strömung ausgespült

Digitized by Google

werden kann, wie dieses bei abgelagertem Thon und besonders bei Sand der Fall ist, so gewinnt die Construction wesentlich an Solidität, sobald man den von den Pfahlwänden eingeschlossnen Raum durch Steinschüttung ausfüllt. Der Damm erhält dadurch nicht nur so viel Masse, dafs er selbst dem stärksten Wellenschlag widersteht, sondern es hören alsdann auch die in kurzen Zwischenzeiten nothwendigen Nachpackungen auf, und es hindert sogar nichts, ihn zu übermauern und ihm dadurch eine so lange Dauer zu sichern, wie solche überhaupt nur erreicht werden kann. Um diese günstigen Erfolge herbeizuführen, mufs das Holz, also die Pfähle nebst den Gurtungen, nicht weit über Wasser treten, damit es durch abwechselnde Benetzung und Austrocknung nicht leidet. Es darf auch keiner sonstigen Zerstörung, wie etwa durch den Bohrwurm, ausgesetzt sein. Endlich müssen die Pfähle einen sichern Stand haben, damit sie dem Seitendruck der Steinschüttung hinreichenden Widerstand leisten. Die Schüttung selbst nimmt keineswegs sogleich eine dauernde Lage an. Dieses geschieht erst, nachdem sie wiederholentlich dem Wellenschlag ausgesetzt gewesen, auch die durch den neuen Bau veranlafsten Strömungen ihre Wirkungen geäufsert, und die betreffenden Rinnen wenn auch nur vorübergehend sich daneben gebildet haben. Aus beiden Ursachen senkt sich die Steinschüttung im Damm, und wenn auch die Möglichkeit bleibt, dafs dieses bei gewissen Witterungsverhältnissen nach vielen Jahren noch aufs Neue eintreten kann, so ist solche Gefahr doch nur gering, und bei gehöriger Aufmerksamkeit lassen sich diejenigen Stellen, wo ein Nachsacken der innern Schüttung noch zu besorgen ist, durch Anschütten von Steinen auf der äufsern Seite und zwar in solcher Tiefe, dafs die Schifffahrt dadurch nicht leidet, immer beseitigen. Dringend nothwendig ist es daher, die Schüttung mehrere Jahre hindurch frei liegen zu lassen, bevor man sie übermauert und den Bau vollendet.

Es ist nicht in Abrede zu stellen, dafs das Einrammen der Pfähle in offner See, um die Pfahlwände zu bilden, die so dicht sein müssen, dafs keine Steine hindurchfallen, manche Schwierigkeiten bietet. Dieses ist wohl der Grund, weshalb man an der Ostsee in früherer Zeit lieber Steinkisten wählte, aber beim Vergleich beider Constructionsarten zeigt jene doch überwiegende

Digitized by Google

Vorzüge. Sie stellt einen zusammenhängenden und in sich fest verbundenen regelmäfsigen Damm dar.

Nach vorstehenden allgemeinen Andeutungen der Construction mufs erwähnt werden, dafs dieselbe keineswegs neu, vielmehr schon vielfach zur Anwendung gekommen war. Die Hafendämme bei Dover, die im Anfange des sechszehnten Jahrhunderts ausgeführt wurden (§ 48), bestanden aus doppelten, gegenseitig verankerten Pfahlwänden, wozwischen Kalksteine gepackt waren. Als 1809 das Humber-Dock zu Kingston-upon-Hull eröffnet war, erbaute man vor demselben noch einen geschützten Vorhafen, das Bassin genannt, um den Schiffen vor der Dockschleuse einen sichern Liegeplatz zu schaffen, und um zugleich das Durchschleusen derselben bei heftigem Wellenschlag zu ermöglichen. Die Piers, welche diesen Vorhafen bilden und von beiden Seiten aus gegen einander treten*), sind wesentlich in der hier in Rede stehenden Art ausgeführt. Fig. 151 zeigt den Querschnitt und einen Theil der Längen-Ansicht derselben. Bei Springfluthen beträgt der Fluthwechsel hier 20 Fufs 3 Zoll, der Meeresboden wird also in dieser Zeit trocken, und die niedrige und schwache Spundwand im Innern der Pfahlreihen konnte zeitweise, namentlich wenn kleine Fangedämme davor errichtet waren, welche die tieferen Einsenkungen abschlossen, bequem eingerammt und durch Zangen verbunden werden. Die Pfähle der eigentlichen Wände sind 6 Fufs von einander entfernt und auf der innern Seite mit Bohlen verkleidet, die auf jenen Zangen aufliegen. Aufserdem verbinden Gurthölzer die Pfähle jeder Reihe mit einander, und beide Reihen sind durch zwei doppelte horizontale und zwei einfache schräge Zangen gegen einander verankert und verstrebt. Reibhölzer gestatten das Anlegen der Schiffe, und ein Bohlenbelag bildet die obere Brücke, die auf der äufsern Seite noch mit einem leichten Geländer versehn ist. Zu den sämmtlichen Verbandstücken ist Kiefernholz benutzt. Der Zwischenraum zwischen beiden Pfahlreihen ist mit einer Steinschüttung gefüllt, die aber auffallender Weise sich nicht so weit, wie die Bohlenverkleidung, erhebt. Dieser Bau ist übrigens

*) Transactions of the institution of civil engineers. Vol. I. London 1834. pag. 26.

Digitized by Google

namentlich bei südöstlichen Winden einem heftigen Wellenschlag ausgesetzt, indem alsdann die Wellen aus der Nordsee ungeschwächt in den etwa eine halbe Deutsche Meile weiten Busen des Humber einlaufen.

Um noch ein Beispiel der Anwendung dieser Constructions-Art in England anzuführen, mag auf die Aeufserung des Ingenieurs John Coode wieder hingewiesen werden. Derselbe wurde in der vom Parlament im Jahre 1860 veranlafsten Vernehmung über zweckmäfsige und wohlfeile Hafen-Anlagen befragt, welche Bauart er in dieser Beziehung empfehlen könne. Er erwiederte darauf, dafs die Einwohner des Städtchens Bridport, wo der Hafen ganz verfallen gewesen, ihn befragt hätten, in welcher Weise sie mit geringen Kosten einen neuen Pier ausführen könnten. Der alte habe aus dichten Pfahlreihen bestanden, die ihn auf beiden Seiten und am Kopf umschlossen, wozwischen eine Kies-Schüttung angebracht gewesen wäre. Die Pfähle seien aber vorzugsweise in der Höhe des gewöhnlichen Niedrig-Wassers vom Bohrwurm angegriffen und zum Theil abgebrochen. Die zur Schüttung verwendeten kleinen Steine wären auch von dem überaus heftigen Wellenschlag, der hier eben so stark wie in Plymouth ist, in Bewegung gekommen und fortgetrieben. Er habe die Beibehaltung derselben Construction empfohlen, jedoch mit dem Unterschiede, dafs die Füllung nicht aus Strandkieseln, sondern aus grofsen Steinblöcken bestehn, und dafs die Pfähle vorher mit Creosot getränkt werden sollten. Wegen der gröfsern Dimensionen der Steine habe er die Pfähle zwei bis drei Fufs auseinander gestellt und dadurch die Baukosten wesentlich vermindert. Dieser Bau sei nach seinem Vorschlag in der Ausführung begriffen.

An der Ostsee hatte man diese Bauart bereits früher verschiedentlich angewendet, und wenn sie auch noch in keinem Hafen vollständig durchgeführt war, so bewährte sie sich doch gerade an solchen Punkten, die vom Wellenschlag besonders getroffen wurden. Die beiden Hafendämme vor Swinemünde sind, wie die Situations-Zeichnung auf Taf. XVI angiebt, auf der innern Seite mit vortretenden Köpfen versehn. Diese sollten theils eine zu grofse Annäherung des tiefen Stromschlauchs an die Molen verhindern, und sonach diese schützen, vorzugsweise dienten sie aber während des Baues als bequeme Anlegestellen,

Digitized by Google

um die Steine zu löschen. Auch gegenwärtig werden sie zu demselben Zweck noch benutzt. Jedenfalls sind sie den Beschädigungen durch Strömung und Eisgang besonders ausgesetzt, zugleich aber treffen die Wellen bei westlichen Winden mit grofser Heftigkeit diejenigen Köpfe, die der See am nächsten liegen. Diese werden daher an ihren Stirnflächen in jeder Beziehung stark angegriffen. Nichts desto weniger fehlt vor ihnen die flache Böschung, und sie lehnen sich nur gegen eine an der innern Seite verschaalte Pfahlreihe. Letztere mufs freilich nicht selten reparirt werden, da die Pfähle, indem sie etwa 6 Fufs über den mittlern Wasserstand heraufreichen, in ihren obern Theilen schadhaft werden, auch die Holme darüber so wie die Bohlenverkleidung oft leiden. Die Steindecke, welche sich an diese Wand lehnt, sinkt auch häufig ein und einzelne Steine werden von den Wellen hinausgeworfen, aber die Pfahlwände sind nicht merklich übergewichen und haben sich bis zum Wasserspiegel auch gut erhalten. Wenn die Pfähle einander näher ständen, so dafs keine Steine hindurchfallen könnten, und wenn überdiefs der über Wasser befindliche Theil des Baues gehörig gesichert worden wäre, so würden die erwähnten Beschädigungen ohnerachtet der gefährlichen Lage dieser Wände nicht vorgekommen sein.

Bei Erbauung des östlichen Damms neben der Mündung des eigentlichen Hafens von Pillau wurde, wie bereits § 52 erwähnt ist, die Steinschüttung und zugleich der Unterbau, der aus Senkstücken bestand, an der Hafenseite und vor dem Kopf gegen eine geschlossene Pfahlwand gelehnt. Die dabei gewählte Constructions-Art ist bereits beschrieben, auch zugleich mitgetheilt, dafs dieselbe nach dreifsig Jahren ganz unversehrt befunden wurde, und ihren Zweck noch vollständig erfüllte, wie dieses bis zur neusten Zeit geschehn ist. Sie ist aber namentlich vor dem Kopf des Damms nicht nur dem Wellenschlag des Haffs, sondern bei westlichen Stürmen auch dem der See ausgesetzt.

Auf diesen günstigen Erfolg gestützt, wurde sodann der westliche Hafendamm vor Stolpmünde sowol auf der innern Seite, als auch vor dem Kopf mit einer geschlossenen Pfahlwand umgeben, gegen welche sich die Steinschüttung lehnte (§ 40 b). Wenn auch bei dem Sturm im December 1863 die obern Steine herabgeworfen wurden, so war dennoch die Zerstörung hier nicht

Digitized by Google

so grofs, als bei den übrigen, mit flacher Steinböschung versehenen Hafendämmen im Cösliner Regierungsbezirk, und die Pfahlwände hatten sich unversehrt erhalten. Die Pfahlwand, welche den Kopf begrenzt, war aber dem vollen Wellenschlag der offenen See ausgesetzt.

§ 58.

Uebermauerte Steinschüttungen zwischen Pfahlwänden.

In Folge der vorstehend mitgetheilten Erfahrungen, und da die Unhaltbarkeit der flachen Steinschüttungen sich immer auffallender herausstellte, empfahl ich diese Bauart, als 1864 die Hafendämme vor Stolpmünde verlängert werden sollten. Zur dauernden Sicherung der Werke schlug ich aber vor, die Schüttung in der Höhe des mittleren Wasserstands zu übermauern. Dieses wurde genehmigt, und wenn gleich bei diesem ersten Versuch vorzugsweise wegen der grofsen Uebereilung des Baues und der ungenügenden Verankerung der Pfahlwände (§ 40 b) einzelne Theile der Dämme einstürzten, so hat sich die Construction doch später sowohl hier, wie in Swinemünde, in Rügenwaldermünde und in Pillau bewährt und ohne Beschädigung den heftigsten Stürmen widerstanden. Der Beschreibung der Einzelheiten dieser Bauten mögen einige allgemeine Bemerkungen vorangehn.

Die Pfähle müssen aus kernigem Kiefernholz bestehn, das unter Wasser eine fast unvergängliche Dauer hat und sich sogar besser hält, als Eichenholz. Es ist auch nicht nöthig, beschlagenes Balkenholz zu wählen, da Rundpfähle von gleichem Querschnitt bedeutend wohlfeiler sind.

Die einzelnen Pfähle müssen so nahe neben einander stehn, dafs kein Stein, der zur Schüttung verwendet wird, hindurch fallen kann. Dabei kommt noch in Betracht, dafs die Wand dem Seitendruck einen um so gröfsern Widerstand entgegen setzt, je gröfser die Anzahl der Pfähle ist, aus denen sie besteht. Die beiden gegenüber stehenden Wände lassen sich, so lange der innere Raum nur mit losen Steinen gefüllt ist, leicht mit einander verankern, wodurch dem Ausweichen wirksam begegnet wird.

Digitized by Google

Auch später, ehe die Schüttung übermauert wird, steht einer soliden Verankerung in der Höhe des mittlern Wasserstands nichts entgegen, da aber bei einem zufälligen Bruch der Anker die Instandsetzung schwieriger ist, so empfiehlt es sich, der Wand schon in sich die möglichst gröfste Widerstandsfähigkeit zu geben, indem theils die Pfähle so nahe an einander gestellt werden, dafs die nach oben gerichteten Stammenden derselben sich unmittelbar berühren, theils aber auch die ganze Pfahlwand rückwärts geneigt wird.

Letzteres erregt zwar Bedenken, wenn der ausführende Baumeister nur solche Rammen kennt, deren Läuferruthen senkrecht stehn. Vielfache Erfahrungen zeigen aber, dafs jede Besorgnifs in dieser Beziehung ungegründet ist, sobald man bei grofser Ausdehnung der Rammarbeiten die Maschinen hierzu passend einrichtet. Für das Anlegen der Schiffe ist es gleichgültig, ob die Wand senkrecht steht, oder sich etwas rückwärts neigt. Nach der Ansicht der Englischen Ingenieure kann die Wand bis 45 Grad gegen das Loth geneigt sein, ohne dafs die dagegen tretende Welle die fortschreitende Bewegung annimmt. Sind die Wände gegen einander geneigt, so erhält der ganze Damm bei gleich grofsem Querschnitt auch mehr Stabilität, als wenn die Wände senkrecht stehn.

Vorzugsweise empfiehlt sich aber diese schräge Richtung, insofern dadurch der Seitendruck der Steinschüttung sich wesentlich vermindert. In welchem Maafse dieses geschieht, ist schon im II. Theil § 1 dieses Handbuchs nachgewiesen, und daselbst gezeigt, dafs vergleichungsweise zu dem Druck gegen eine lothrechte Wand dieser sich auf die Hälfte verringert, sobald man der Wand die mäfsige Neigung von 1 zu 4 giebt oder sie 14 Grad gegen das Loth neigt. Bei dieser Stellung der Pfähle lassen sich die Rammarbeiten noch eben so leicht und sicher ausführen, als wenn die Pfähle lothrecht eingetrieben würden.

Zunächst müssen die Pfähle jeder Wand unter sich verbunden werden, damit sie sich gegenseitig unterstützen und der starke Druck, dem vielleicht einzelne beim Einwerfen der Steine ausgesetzt sind, auf mehrere sich überträgt. Sodann sind beide Wände gegen einander zu verankern. Hierauf wird die Steinschüttung eingebracht, und zwar mufs dieses möglichst bald ge-

Digitized by Google

schehn, weil die frei stehenden Wände, besonders auf ansteigendem Grunde, von den anlaufenden Wellen stark gestofsen werden.

Vielfach ist man der Ansicht, dafs Steinschüttungen auf reinem Seesand unhaltbar sind, und deren dauerndes Herabsinken nur durch eine Unterlage von Faschinen sich verhindern läfst. Es mag nicht in Abrede gestellt werden, dafs dadurch die Senkungen in gewissem Grade vermindert, oder wenigstens verzögert werden. Wenn indessen zur Seite des Hafendamms eine grofse Vertiefung eintritt, so hat die Schüttung in demselben, mag sie auf Faschinen ruhn, oder unmittelbar auf den Sand aufgebracht sein, keine gesicherte Lage, so lange sie nicht bis unter die Sohle der tiefen Rinne herabgesunken ist. Es wird also durch solche Strauchbettung nichts gewonnen, vielmehr der Uebelstand herbeigeführt, dafs der Zustand, in welchem das Werk sich dauernd erhalten läfst, erst später eintritt. Man beschleunigt aber die sichre Ablagerung der Steine, wenn man diese unmittelbar auf den Sand wirft, und ihrer Schüttung so wenig Höhe giebt, dafs die Bewegung des Wassers sich möglichst vollständig dazwischen fortsetzen kann. Die Faschinenbettung unter den Steinen, besonders wenn sie eine bedeutende Dicke hat, wirkt aber noch insofern nachtheilig, als sie nach und nach und zwar mehrere Jahre und sogar Jahrzehnte hindurch unter dem Gewicht der darauf ruhenden Steinmasse sich comprimirt, und sonach dauernde Bewegungen im Hafendamm veranlafst, die eine feste Abdeckung desselben unmöglich machen.

Besonders wichtig ist es ferner, dafs die Schüttung, die bis zum mittleren Wasserstand sich erhebt, nicht sogleich übermauert wird. Beim Gegenschlage der Wellen wird sie so lange in Bewegung gesetzt, bis sie eine geschlofsne Lage angenommen hat. Aufserdem aber senkt sie sich zugleich tiefer in den Grund ein. Auch gestalten sich durch solchen weit vortretenden Bau die Strömungen anders, als sie früher waren, und es bilden sich leicht tiefere Rinnen, die zu Unterspülungen und weiterm Nachsinken der Steine Veranlassung geben. Diese verschiedenen Bewegungen sind ohne Nachtheil, so lange die Schüttung noch nicht übermauert ist, wohl aber werden sie später höchst gefährlich. Es ist daher dringendes Erfordernifs, wie auch die traurigen Erfahrungen in Stolpmünde gezeigt haben, dafs man

Digitized by Google

mehrere Jahre hindurch den Bau in diesem Zustande erhalten mufs, wobei er seinen Zweck schon in der Hauptsache auch bereits erfüllt.

Diese Andeutungen, welche wesentlich mit denjenigen übereinstimmen, die ich 1864 in der ersten Ausgabe dieses Handbuchs aussprach und durch die nicht geänderten Figuren 152 *a* und *b* auf Taf. XXXIII erläuterte, werden zur allgemeinen Bezeichnung der in Rede stehenden Bauart genügen. Die Einzelheiten der Construction, die mit manchen Modificationen bisher gewählt wurden, mögen nunmehr näher beschrieben werden.

Die Hafendämme vor Stolpmünde waren die ersten, die nach diesem System ausgeführt sind, doch keineswegs geschah dieses mit sorgfältiger Beachtung der vorstehenden Bedingungen, woher auch, wie § 40 b erwähnt ist, einige Theile einstürzten. Dergleichen Unfälle sind in den Häfen Rügenwalder-Münde, Swinemünde und Pillau an den nach derselben Constructions-Art erbauten Dämmen nicht vorgekommen.

Fig. *A* auf Taf. XXXIII. a stellt den Damm bei Rügenwalder-Münde dar, nämlich Nr. 1, 2 und 3 in der Ansicht von der Seite, von oben und im Querschnitt beim Beginn des Baues, Nr. 4 aber nach Beendigung desselben. Der westliche Flügel (vergl. Fig. 117 auf Taf. XX), mit dem der Anfang gemacht wurde, ist ohnfern des Ufers und zwar in der Höhe des mittlern Wasserstandes 20 Fufs breit, verbreitet sich aber weiterhin auf 26 Fufs. Seine Krone liegt $8^3/_4$ Fufs über Mittelwasser und die Brustmauer erhebt sich darüber noch $3^1/_2$ Fufs.

Bei der grofsen Ausdehnung der Rammarbeiten mufste dafür gesorgt werden, dafs die Maschinen in passender Weise eingerichtet und in gehöriger Anzahl vorhanden waren. Da es aber Bedingung war, dafs die im Verhältnifs von 1 : 4 geneigten Pfahlwände möglichst regelmäfsig und gut schliefsend dargestellt würden, so mufste von der Aufstellung der Rammen auf Prahme ganz abgesehn werden. Dieses verbot sich überdiefs auch dadurch, dafs man in solchem Fall nur bei sehr ruhiger See, also mit vielfachen und langen Unterbrechungen die Arbeit hätte betreiben können, wodurch nicht nur der Bau verzögert, sondern auch die Schwierigkeit entstanden wäre, die Arbeiter in den Zwischenzeiten angemessen zu beschäftigen.

Digitized by Google

Hiernach wurde die Ausführung eines Rammgerüstes und zwar in der Höhe von 10 Fufs über Mittelwasser zunächst vorgesehn. Da dasselbe auch nahe bis zur Vollendung des ganzen Baues zur Anfuhr der Steine und anderer Materialien benutzt werden sollte, so wurde es in der angegebenen Höhe am Strande begonnen, indem man daselbst zugleich einen angemefsnen Zugang darstellte. Diese Rüstung bestand aus Jochen, die von Mitte zu Mitte 8 Fufs von einander entfernt waren, und aus drei lothrecht eingerammten Pfählen und einem Holm gebildet waren, wozu noch zwei schräge Bänder kamen, um die Pfähle vorläufig zu sichern. Aufserdem wurden häufig auch die einzelnen Pfähle, ehe sie unter sich verbunden waren, noch durch aufgenagelte Latten mit dem letzten Joch in Verbindung gesetzt. Indem die Holme aber bis zur spätern Uebermaurung des Damms noch zur gegenseitigen Verankerung der gegenüber stehenden Pfahlwände dienten, so durften sie durch Zapfenlöcher nicht geschwächt werden, vielmehr wurden die Pfähle etwas versetzt und griffen mit Blattzapfen seitwärts darüber, während starke Bolzen die Verbindung bildeten.

Sobald ein Joch dargestellt war, konnte der Bohlenbelag bis zu demselben ausgedehnt und eben so weit auch die Rammen vorgeschoben werden. Um aber die Pfähle für das nächst folgende Joch einzutreiben, bediente man sich der im ersten Theil dieses Handbuchs § 35 beschriebenen und daselbst in Fig. 214 perspectivisch gezeichneten sogenannten Pionirramme. Das Beischaffen der Pfähle auf der Rüstung war meist wegen der dahinter stehenden Rammen unmöglich, dagegen machte es selbst bei bewegter See wenig Schwierigkeit, jeden Pfahl an einer Fangleine zur Seite der Rüstung schwimmend herbeizuziehn, und an derselben Leine aufzuheben. Sobald aber die Pfähle tief genug eingetrieben waren, liefsen sich leicht einige Bohlen soweit vorschieben, dafs von diesen aus eine Bohle hochkantig daran genagelt, und auf letztere einige Bohlen so befestigt werden konnten, dafs das Zuschneiden der Pfahlköpfe und das Aufbringen des Holms keine weitern Schwierigkeiten machte. In dieser Weise konnte das Einrammen der Mittel- wie der Seitenpfähle und der Bau der ganzen Rüstung, selbst bei stark bewegter See unbehindert fortgesetzt werden. Wie schon oben mitgetheilt

Digitized by Google

worden, war man vor Stolpmünde während des Winters 1864 auf 1865 nur einmal wegen heftigen Wellenschlags gezwungen gewesen, die Arbeit zu unterbrechen.

Nachdem zwei oder drei Joche in dieser Weise aufgestellt sind, und die Pionir-Ramme soweit vorgerückt ist, dafs man die grofsen Zugrammen über das erste dieser Joche schieben kann, so beginnt das Eintreiben der Wandpfähle, und zwar zunächst werden je zwei besonders starke und lange Pfähle ohnfern der beiden Enden des Holms unter der Neigung von 1 zu 4 gegen das Loth so eingestellt, dafs sie den Holm umschliefsen, wie Fig. *A*, 2 und 3 zeigt. Da diese Pfähle aber Theile der Wand bilden, so müssen sie fest eingetrieben werden, und zu diesem Zweck läfst man die Zugramme nur so lange auf sie wirken, als sie noch leicht eindringen, und bringt alsdann die Kunstrammen darüber. Wenn sie nunmehr hinreichend fest stehn, so werden sie mit dem Holm verbunden. Durch dazwischen getriebene Keile entfernt man sie so weit aus einander, dafs sie den Holm nicht mehr berühren, und in diesem werden alsdann flache Einschnitte gemacht, die den Kämmen an den Pfählen entsprechen, wie Fig. *J* auf Taf. XXXIII. b dieses zeigt. Wenn nunmehr nach dem Entfernen der Keile die Pfähle sich noch nicht scharf an den Holm anlehnen, so mufs man sie durch Schrauben in starken eisernen Bügeln, welche beide Pfähle umfassen, zusammenbringen, worauf das Loch für den Bolzen durchgebohrt und letzterer eingezogen und mittelst der Schraubenmutter befestigt wird.

Man darf indessen die Holme nicht zu tief einschneiden, da es vorgekommen ist, dafs in solchem Fall durch den Seitendruck der noch losen Steinschüttung die Köpfe derselben abgerissen sind. Indem die Pfähle auf gröfsere Länge frei stehn, so ist es leicht, sie auseinander zu keilen, demnächst aber auch nach dem Einziehn der Schraubenbolzen mittelst der aufgesetzten Muttern sie wieder so weit zusammenzubringen, dafs sie den Holm scharf umschliefsen, wodurch das Joch eine sehr feste Verbindung erhält.

Man giebt den Jochen aufserdem aber noch eine Verbindung in der Längenrichtung des Damms, indem man sowohl an die äufsere, wie an die innere Seite dieser Schrägpfähle Gurtungen oder Zangen durch Schraubenbolzen befestigt. Diese bleiben jedoch nicht dauernd, sondern werden später entbehrlich. Sie

Digitized by Google

haben zugleich den Zweck, dafs sie beim Einrammen der Mittelpfähle als Zwingen oder Lehren dienen, wie solche bei Ausführung von Spundwänden üblich sind. (Theil I. § 39.) Wenn man, wie erwähnt, die stärksten Pfähle neben die Joche stellt, so bleibt zwischen den daran befestigten Gurtungen hinreichender Spielraum für die Zwischenpfähle.

Diese Zwischenpfähle werden wieder zunächst mit der Zugramme eingestellt und bis zu mäfsiger Tiefe eingetrieben, worauf die Kunstramme oder die Dampframme folgt und die Pfähle zur vollen Tiefe herabschlägt.

Es darf kaum bemerkt werden, dafs man durch Proberammen, was bei ruhiger Witterung von Prahmen aus geschehn kann, vorher schon untersuchen mufs, wie tief die Pfähle an den verschiedenen Stellen des Damms ungefähr eindringen, und welche Längen sie daher haben müssen. Aufserdem ist es aber nicht nur zur Beschleunigung des Baues, sondern auch um die sämmtlichen Arbeiter dauernd zu beschäftigen, nothwendig, alle vorerwähnten Rammen so einzurichten und in der Art zu besetzen, dafs sie möglichst gleichmäfsig vorrücken, die hintersten also nicht aufser Thätigkeit gesetzt werden dürfen, weil die vorhergehenden noch im Wege stehn. Andrerseits dürfen die vordern Rammen aber auch nicht zu weit vorrücken, weil der eben begonnene Bau noch nicht vollständig gesichert ist, und bei heftigen Stürmen, wie mehrfach geschehn, zerstört werden kann, so lange die Steinschüttung zwischen den Pfahlwänden noch fehlt. Das Umsetzen der Rammen von einer Seite des Damms auf die andere mufs jedenfalls vermieden werden, da es zu mühsam und zu zeitraubend sein würde. In der Längenrichtung lassen sich aber die Zug- und Kunstrammen leicht verschieben und noch weniger Mühe macht in dieser Beziehung die Dampframme, welche auf Rädern steht und auf Schienen läuft.

Die Steinschüttung darf hinter den Rammarbeiten nicht zurückbleiben, man mufs vielmehr stets bemüht sein, sie möglichst weit vorzutreiben. Indem die Anfuhr jedoch am bequemsten und am passendsten auf dem Damm selbst und zwar auf einem Schienen-Geleise erfolgt, so kann die Schüttung nur hinter den Rammen beginnen. Zuweilen bleibt man absichtlich noch mehr zurück, indem man besorgt, die Steine möchten von

Digitized by Google

den Wellen in Bewegung gesetzt und weiter hinausgetrieben werden, so dafs sie den Grund verunreinigen und das regelmäfsige Eindringen der Pfähle verhindern. Diese Besorgnifs ist indessen unbegründet, wie die Erfahrung an allen in dieser Art ausgeführten Bauten gezeigt hat. Die jedesmal von der Seeseite her anlaufende Welle stöfst die obern Steine der Schüttung landwärts, also nach der Wurzel des Damms, das zurückfliefsende Wasser übt aber keine entgegengesetzte Wirkung aus, da es durch die Zwischenräume der Pfahlwände grofsentheils entweicht. Die Welle bewegt sich nämlich nicht mit gleicher Geschwindigkeit innerhalb der Wände und aufserhalb derselben. Letztere ist die gröfsere, aufserdem erhebt sich der Scheitel der Welle über der steil ansteigenden Schüttung auch höher, als diejenige, die auf den Strand aufläuft, und sonach erfolgt hier jedesmal ein starker Abflufs zur Seite, und die Rückströmung im Damm selbst ist zu schwach, als dafs sie die Steine forttreiben könnte. Man bemerkt auch sehr deutlich die Bewegungen, die während eines starken Wellenschlags eingetreten sind, wenn man die Höhenlage der Schüttung vor und nach dem Sturm vergleicht. Eine starke Senkung tritt jedesmal am äufsern Ende ein, während landseitig die Schüttung, die sich früher nur bis zum Mittelwasser erhob, oft 3 bis 4 Fufs darüber angestiegen ist.

Was die Gröfse der Steine betrifft, so ist dieselbe ziemlich gleichgültig, doch dürfen die Steine nicht so klein sein, dafs sie durch die Fugen der Wand durchfallen können. Je gröfser die Steine sind, um so gröfser sind auch die freien Zwischenräume zwischen denselben, und man bemerkt oft, dafs die Wellen, welche seitwärts einen solchen Damm treffen, sich durch denselben hindurch, jedoch nur in sehr geringer Höhe, in den Hafen fortsetzen. Diese Erscheinung ist indessen ohne Nachtheil, denn sollte dabei zugleich Sand eintreiben, so würde derselbe in den unregelmäfsigen Fugen stark niederschlagen und diese nach und nach schliefsen. Das gleichzeitige Verschütten gröfserer und kleinerer Steine dürfte aber kaum die Verhältnisse ändern, da man die kleinern doch nicht so auswerfen kann, dafs sie gerade die Zwischenräume zwischen den gröfsern füllen.

Wenn die Schüttung in der ganzen Länge des Damms und zwar bis zum Niveau des mittlern Wasserstands ausgeführt ist,

Digitized by Google

so dafs sie später von hier ab bis zur beabsichtigten Kronenhöhe übermauert werden kann, so mufs sie nunmehr, bevor die Uebermauerung vorgenommen werden darf, einige Jahre hindurch in diesem Zustande sich selbst überlassen bleiben, damit eines Theils der heftige Wellenschlag bei starken Stürmen die einzelnen Steine so lange bewegt, bis sie eine feste Lage annehmen, vorzugsweise aber, damit die durch den Damm veranlafsten Aenderungen der Strömungen zur vollen Wirksamkeit kommen und diejenigen Vertiefungen daneben dauernd oder vorübergehend sich eingestellt haben, welche ein tieferes Herabsinken der Schüttung in den Untergrund veranlassen könnten. Die sofortige Uebermauerung würde dieses freilich nicht verhindern, aber sie würde, wenn das Sinken nicht ganz gleichmäfsig erfolgt, der Bewegung nicht folgen und es würden Höhlungen entstehn, die den ganzen Bau in Gefahr setzen. Bei Stolpmünde geschah dieses, und mit Rücksicht auf die Uebereilung des Baues, wozu noch die Vernachlässigung der vorgeschriebenen Verankerung kam, darf es nicht befremden, dafs die Dämme zum Theil einstürzten.

Die Hafendämme bei Rügenwalder-Münde konnten, wie alle gröfsern Bauten dieser Art, in einem Jahr nicht im Unterbau beendigt werden, und es kam daher darauf an, vor dem Eintritt der Herbststürme keinen Theil der Pfahlwände frei, also ohne Hinterfüllung mit Steinen während des Winters stehn zu lassen. Zu diesem Zweck wurden die Seitenwände an ihren Enden noch durch eine leichte Zwischenwand mit einander verbunden, die bei Fortsetzung der Arbeit wieder beseitigt werden konnte. Die Pfähle dieser Wand wurden daher nur ziemlich lose eingerammt, und an ihren Köpfen durch Zangen, die rückwärts gehörig verankert waren, gehalten. Um aber die Anzahl der Pfähle möglichst zu vermindern, so befestigten Taucher an die innere Seite derselben eine Bretter-Verschaalung, die das Durchfallen der Steine verhinderte.

Bei starkem Wellenschlag verändert sich die Ablagerung der Steine. Am äufsern Ende des Damms werden sie zurückgestossen und die Schüttung senkt sich so sehr, dafs sie den Pfahlwänden nicht mehr die nöthige Unterstützung bietet, während sie weiter rückwärts sich so hoch erhebt, dafs die Steine sogar über die Köpfe der Zwischenpfähle in den Hafen fallen. Diese Uebel-

Digitized by Google

stände lassen sich dadurch vermeiden, dafs man die Schüttung mit einzelnen besonders grofsen und schweren Blöcken überdeckt, welche durch den Stofs der Wellen nicht fortgeschleudert werden. Dieselben brauchen keineswegs geschlossen zu liegen, um die Bewegung der kleinern Steine daneben zu verhindern, sie sinken aber, sobald eine Vertiefung eintritt, mit der Schüttung an der Stelle, wo sie liegen, zugleich herab und lassen also keine Höhlungen entstehn.

Indem der Transport solcher schweren Blöcke nicht leicht ist, vielfach auch Geschiebe von grofsen Dimensionen gar nicht zu beschaffen sind, so empfiehlt es sich, sie aus Béton darzustellen und zwar am bequemsten an der Stelle, wo sie liegen sollen. Man stellt also die Formkasten auf die lose Steinschüttung, nachdem dieselbe ungefähr den mittlern Wasserstand erreicht hat, und bildet Bétonblöcke von mindestens einer halben Schachtruthe Inhalt. In einem Fall hat man bei der spätern Uebermaurung der Schüttung diese Blöcke wieder abgehoben und sie an passende Stelle versetzt. Dieses ist jedoch entbehrlich, wenn man sie sogleich in der Art stellt, dafs sie das spätere Einziehn der Anker in der Höhe des mittlern Wasserstands nicht verhindern. Wenn man sie indessen nicht abhebt, so lassen sich die Böden der Formkasten auch nicht beseitigen. Dieser Umstand ist von wenig Bedeutung, und beim Swinemünder Bau ist dieses wirklich geschehn. Will man aber selbst dieses geringe Sinken vermeiden, das beim Verrotten der Bodenbretter eintreten kann, so hindert nichts, die Kasten mit Böden von getheerter Leinwand zu versehn, die das Wasser von dem frischen Béton abhalten. Die Seitenwände der Kasten müssen aber jedenfalls nach dem Erhärten der Masse entfernt werden, was auch keine Schwierigkeiten macht, da sehr weite Fugen zwischen den Blöcken schon offen gelassen werden müssen, damit diese einzeln ungehindert nachsinken können.

Die bisher beschriebene Construction läfst sich in der erforderlichen Schärfe nur ausführen, wenn der Grund rein ist. Liegen dagegen Steine auf demselben, oder in geringer Tiefe darunter, so ist es unmöglich, die Pfahlwände so dicht zu machen, dafs nicht einzelne Steine der Schüttung hindurchfallen. Vor unsern Häfen findet sich jedesmal reiner Baugrund, nämlich Thon-

Digitized by Google

boden, der meist mit Sand überdeckt ist. In allen Fällen, wo diese Bauart Anwendung gefunden hat, kam es aber darauf an, einen und vor Pillau sogar beide Hafendämme, die aus Senkstücken mit starker Steinüberdeckung aufgeführt waren, in der angegebenen Weise zu verlängern, und dabei trat der Uebelstand ein, dafs die dichten Pfahlwände schon auf den Dossirungen der flach abfallenden Köpfe beginnen mufsten, wo also ältere Steinschüttungen lagen.

Ohne Zweifel durfte angenommen werden, dafs diese Schüttungen die Uebermaurung zwar sicher tragen, doch läfst sich letztere nur über Wasser ausführen, und wenn man sie auch zunächst durch Versetzen grofser lagerhafter Steine und besonders von Bétonblöcken etwas überhöhen konnte, so war dieses doch nicht leicht thunlich, sobald die Schüttung tiefer als etwa 2 oder 3 Fufs unter Wasser lag. Hier mufsten also die Pfahlwände beginnen, die jedoch nicht in der erforderlichen Regelmäfsigkeit darzustellen waren, weil die Pfähle nur an solchen Stellen eingetrieben werden konnten, wo sie zufällig auf Fugen zwischen den Steinen trafen und auch alsdann war es meist unmöglich, sie hinreichend tief einzurammen. Hier blieben daher zwischen den einzelnen Pfählen oft weite Fugen, aufserdem standen die Pfähle auch nicht in geraden Reihen und liefsen sich also nicht unmittelbar an Gurtungen lehnen. Hierzu kam noch, dafs sie auch keinen sichern Stand hatten. Um diese Uebelstände möglichst unschädlich zu machen, blieb nur übrig, ihre Verankerung dadurch zu vervollständigen, dafs man in die Zwischenräume zwischen die einzelnen Pfähle und die äufsern Gurtungen Keile eintrieb. Demnächst durften neben diesen Wänden nur besonders grofse Blöcke versenkt werden, von denen nicht zu besorgen war, dafs sie durch die weiten Fugen hindurch fallen würden. Indem aber diese Gefahr auf solche Weise sich dennoch nicht ganz beseitigen liefs, so blieb schliefslich nur übrig, aufserhalb der Pfahlreihen, auf der Seeseite noch Steinschüttungen anzubringen, welche möglichst steile Dossirungen darstellten und mit grofsen Bétonblöcken überdeckt waren, um das Forttreiben dieser Steine zu verhindern. Es mufs bemerkt werden, dafs Steinböschungen an solchen Uebergangsstellen auf den Hafenseiten bisher in keinem Fall erforderlich gewesen sind, dafs sie

Digitized by Google

aber auf der Seeseite, wo der Wellenschlag die innerhalb der Wand liegenden Steine erschütterte und in Bewegung setzte, jedesmal ausgeführt werden mufsten. Nichts desto weniger blieben diese Stellen doch lange Zeit hindurch bedenklich, indem bei Stürmen wiederholentlich Steine durch die Wand hindurch fielen. Dieses wird besonders gefährlich, wenn die Uebermaurung bereits ausgeführt ist. Man mufs alsdann versuchen, die Höhlungen auf irgend eine Weise auszufüllen. Am meisten eignet sich hierzu die Anwendung von Säcken, die mit frischem Béton oder Mörtel gefüllt sind. Man schiebt dieselben in die Höhlungen, wo sie an alle Unebenheiten sich anschliefsen und nach dem Erhärten durch die Wellen nicht zurückgestofsen werden können.

In Swinemünde hat man zum Schliefsen der Fugen der Pfahlwände an diesen Uebergangsstellen mit gutem Erfolg angespitzte Eisenbahnschienen verwendet, welche wegen des geringen Querschnitts leichter, als hölzerne Pfähle in die Fugen zwischen den Steinen eindrangen, und beim Einrammen auch die nächsten Steine seitwärts etwas zurückdrängten.

Nachdem die Hafendämme vor Stolpmünde wie § 40. b erwähnt, theilweise eingestürzt, und an diesen Stellen die Pfähle der äufsern Wand über dem Grund abgebrochen waren, traten die oben erwähnten Uebelstände hier im vollsten Maafse ein. So gut es sich thun liefs, mufste vor die zerstörte Pfahlwand eine neue gestellt werden, und es war nothwendig, dieselbe wegen mangelnder Festigkeit wieder durch Steinschüttungen zu sichern. Letztere waren aber in sofern bedenklich, als sie ohnfern der Hafenmündung sich befanden, und daher zu besorgen war, dafs bei starkem Seegange, namentlich wenn der Wind nicht direct das Ufer traf, die Steine vor und in die Mündung getrieben werden möchten. Um dieses zu verhindern, mufste noch eine eigenthümliche Vorsichts-Maafsregel ergriffen werden, die bei Gelegenheit der Molenköpfe beschrieben werden soll.

Wenn die Hafendämme auf reinem Meeresgrund mit gehöriger Vorsicht ausgeführt sind und die Uebermaurung erst nach einigen Jahren vorgenommen wird, so fehlt jede Veranlassung, sie seeseitig noch durch Steinböschungen zu sichern. Solche verstärken sogar den Stofs der Wellen, indem sie diese aus regelmäfsig schwingenden, in fortschreitende Wellen verwandeln. Durch die

Digitized by Google

Uebermaurung und durch die darüber gestellte Brustmauer wird freilich die Form der dagegen schlagenden Welle wesentlich verändert, und sie erhebt sich viel höher, als früher, wo sie über die Steinschüttung und die niedrigen Pfahlwände noch in den Hafen übertreten konnte. Es liegt indessen keine Erfahrung, noch auch ein irgend plausibler Grund zu der Annahme vor, dafs der in solcher Weise verstärkte Wellenschlag auf Vertiefung hinwirken sollte. Letztere erfolgt allerdings durch verstärkte Strömung. Auf diese hat indessen die Uebermaurung keinen Einfluſs, sie bildet sich vielmehr schon vollständig aus, sobald der Damm den mittlern Wasserstand erreicht.

Liegen die Hafendämme vor einer Strom-Mündung, so kommt dabei nicht nur die Küstenströmung, sondern auch der ausgehende Strom in Betracht, der namentlich vor den Köpfen, die meist näher an einander treten, sich verstärkt. Dieses erfolgt aber gleichfalls schon vor der Uebermaurung, und in solchem Fall ist es daher um so dringender, letztere nicht zu übereilen. Die Gefahr einer gröſsern Vertiefung verschwindet aber meist nach wenig Jahren schon vollständig. Die Hafendämme wirken nämlich in gleicher Weise wie Buhnen, und veranlassen Verlandungen, während sie niemals das Profil des ganzen Meeres beschränken, also nicht wie Buhnen in einem Strom groſse Tiefen vor ihren Köpfen sich bilden. Die Hafendämme vor Stolpmünde wurden vor zehn Jahren bis zur Tiefe von 20 Fuſs herausgeführt, während gegenwärtig nur noch Schiffe von 11 bis 12 Fuſs, zuweilen sogar nur von 10 Fuſs Tiefgang, in die neue Mündung einlaufen können.

Nachdem die Steinschüttung zwischen den Pfahlwänden einige Jahre hindurch sowohl dem Wellenschlage, wie auch den veränderten Strömungen ausgesetzt gewesen, und fernere Vertiefungen nicht mehr zu besorgen sind, geht man zur Uebermaurung und zur Vollendung des ganzen Damms über. Dabei müssen die Rüstungen beseitigt werden und mit dieser die bisherige Verankerung der Wände. Dieselbe bestand aus jenen Jochholmen, die zunächst mit den daneben stehenden Hauptpfählen verbunden waren. Die daran befestigten äuſsern Gurtungen sicherten bereits die einzelnen Pfähle der Wände gegen ein stärkeres Ueberweichen. Ehe diese Verankerung beseitigt werden

Digitized by Google

darf, mufs die definitive eingebracht werden, die man möglichst tief legt, damit die neue Gurtung stets das Wasser berührt, oder doch nur selten darüber tritt. Diese braucht nur an der äufsern Seite zu liegen, man wählt dazu aber recht kerniges und starkes Balkenholz. Eine Ueberblattung in den Stöfsen empfiehlt sich nicht, weil dadurch beide Stücke geschwächt werden, und eben so wenig bieten aufgebolzte eiserne Laschen, die auch schwierig zu befestigen sind, hinreichende Sicherheit. Am vortheilhaftesten ist es daher, die Gurtungen ohne weitere Verbindung nur stumpf zusammen zu stofsen, dafür aber zu sorgen, dafs diese Stöfse jedesmal in die Mitte zwischen zwei Anker treffen. Liegen letztere 8 Fufs aus einander, so ist jedes freie Ende nur 4 Fufs lang, und die Steifigkeit des Holzes verhindert das Biegen oder Brechen derselben durch den Druck der Pfähle. Die Gurtungen sowohl an der See- wie an der Hafenseite werden durch Anker aus Rundeisen etwa von 2 Zoll Stärke mit einander verbunden. Auf Längen von etwa 24 Fufs lassen diese sich noch bequem darstellen und einziehn. An einem Ende sind sie zuweilen mit Köpfen, auf dem andern aber, und oft auch auf beiden Enden mit Schraubengewinden versehn. Letztere müssen in etwas stärkere Stangen eingeschnitten und demnächst vorsichtig an die Rundstäbe angeschweifst werden. Wollte man das Anschweifsen vermeiden und die Gewinde unmittelbar in die Ankerstäbe einschneiden, was bei der grofsen Länge wieder schwierig wäre, so würde der Querschnitt und mit diesem die absolute Festigkeit sich wesentlich vermindern.

Das Einziehn der Anker bietet keine Schwierigkeit, sobald man die in ihrer Richtung liegenden Steine beseitigt, und in die vorher leicht befestigten Gurtungen mittelst langer Bohrer vom Hafen aus die Löcher eingebohrt hat. Die Unterlag-Scheiben, sowohl unter den Köpfen, wie unter den Muttern, müssen aber passend keilförmig gestaltet sein, damit sie an die äufsern schrägen Flächen der Gurtungen sich scharf anlegen, wie Fig. *K* auf Taf. XXXIII. b zeigt. Dabei mufs man auch darauf Rücksicht nehmen, dafs bei heftigem Wellenschlag der ganze Hafendamm erschüttert wird, und dafs nach den bei Stolpmünde gemachten Erfahrungen die Schraubenmuttern sich alsdann lösen. Um dieses zu verhindern, werden je zwei Muttern aufgesetzt, und nachdem

Digitized by Google

die erste scharf angezogen ist, schraubt man die zweite fest dagegen. Indem hierdurch beide, so weit es geschehn kann, gegen einander gedrängt werden, so pressen sie so stark gegen die Schraubengänge, dafs dadurch ihre Bewegung verhindert wird. Sobald später die Unterlagsscheiben in das Holz sich eingedrückt haben und ein weiteres Anziehn nöthig wird, mufs die Mutter, welche sich zunächst der Gurtung befindet, durch einen besondern Schlüssel gefafst und gehalten werden, während man die vordere zurückdreht, um die Pressung zwischen beiden aufzuheben.

Auf das Einziehn der definitiven Anker folgt die Uebermaurung der Steinschüttung. Bevor man aber hierzu übergeht, mufs man sich überzeugen, dafs letztere sich bereits geschlossen abgelagert hat und keine Bewegung mehr zeigt. Zu diesem Zweck überdeckt man dieselbe zwischen den darüber gemauerten schweren Bétonblöcken, welche die obere Schicht der Steine dem Angriff der Wellen entziehn, mit einer dünnen Bétonlage. Dieselbe zerbricht, sobald die darunter befindliche Schüttung in Bewegung kommt. Wenn dieses aber geschehn ist, so wird die Fuge wieder mit Mörtel ausgestrichen, und in gleicher Art lassen sich alsdann spätere Bewegungen wieder erkennen. Jene Bétonblöcke liegen aber zwischen den noch einzuziehenden eisernen Ankern, woher sie das Einbringen der letztern nicht hindern und bei der Uebermaurung des Damms weder abgehoben, noch auch verstellt werden dürfen, vielmehr selbst einen Theil der Mauermasse bilden.

Nach dem Einziehn der Anker tritt, wie beim Bau der Pillauer Süder-Mole bemerkt wurde, eine Erscheinung ein, die auf einige Bewegung der Steinschüttung schliefsen läfst. Wenn nämlich die eisernen Anker eingebracht und möglichst scharf angezogen waren, und man schnitt nunmehr die Holme durch, welche die provisorische Verankerung bildeten, so entfernten sich jedesmal die beiden Enden des Holms neben dem Säge-Schnitt einige Zoll aus einander, in einem Fall sogar bis auf 8 Zoll, und die Spannung war jedesmal so grofs, dafs diese Trennung schon eintrat, ehe der Schnitt vollständig ausgeführt war, indem der noch nicht getrennte Theil des Balkens zerrifs.

Zunächst erklärt sich diese Erscheinung wohl dadurch, dafs die Pfahlwände unter dem Seitendruck der Steinschüttung sich

Digitized by Google

gekrümmt hatten, und dafs auch der obere Theil derselben zwischen der provisorischen und der definitiven Verankerung etwas gebogen war, woher die Wände hier nach aufsen zurücktraten, sobald die obern Anker durchschnitten wurden. Hiernach dürfte man keine Bewegung in der Steinschüttung voraussetzen. Dagegen können auch andre Umstände hierbei mitwirken, die an sich sehr wahrscheinlich sind, aber keineswegs ganz unschädlich erscheinen. Zunächst ist wohl mit Sicherheit anzunehmen, dafs die Muttern auf den Ankern nicht so fest angezogen werden können, dafs sie eine eben so starke Spannung veranlassen, wie diejenige, in welche die ersten Anker beim Einbringen der Steinschüttung versetzt wurden, und sodann lehnen sich auch nicht die sämmtlichen Wandpfähle so scharf an die neue Gurtung, dafs sie nicht noch näher herangedrängt werden könnten, sobald sie nicht mehr durch die frühere Verankerung zurückgehalten werden. In beiden Fällen ist eine geringe Bewegung der Steinschüttung unvermeidlich.

Wenn nun auch kaum vorauszusetzen, dafs diese geringen Bewegungen für den Bau gefährlich werden könnten, so empfiehlt es sich doch, die definitive Verankerung möglichst bald nach dem Einbringen der Steinschüttung auszuführen, und zugleich die provisorische aufser Wirksamkeit zu setzen, darauf aber die Steinschüttung nebst den darüber ausgeführten Béton-Blöcken längere Zeit hindurch sich selbst zu überlassen, bevor sie übermauert wird.

Indem die Anker zwischen den Pfählen durch die Gurtungen greifen, so müssen letztere noch gegen das Aufheben durch die Wellen gesichert werden. Es ist schon oben (§ 6) nachgewiesen, dafs die Welle beim Ansteigen einen besonders starken Druck aufwärts ausübt. Die Gurtung ist demselben vollständig ausgesetzt, und zwar um so mehr, als bei der schrägen Stellung der Pfähle schon der Zug der Anker eine gewisse Tendenz zur Hebung veranlafst. Wenn daher auch die Gurtung vielleicht in einzelne, besonders vortretende Pfähle 1 oder 2 Zoll tief eingelassen ist, so empfiehlt es sich doch immer, durch vorgesetzte Knaggen die aufwärts gerichtete Bewegung sicher zu verhindern, und es werden zu diesem Zweck die in Figur *K* gleichfalls angedeuteten Verbindungen aus Eisenstäben benutzt. Dieselbe Vorsichts-Maafsregel ist auch schon bei den provisorischen Gur-

Digitized by Google

tungen oder Zangen nothwendig, wenn die Bolzen, durch welche sie befestigt werden, nicht durch die Pfähle greifen. Häufig bestehn die Knaggen aber nur aus keilförmigen Holzstücken, die man an die Pfähle nagelt.

Beim Uebermauern der Steinschüttung mufs zunächst darauf geachtet werden, dafs dieselbe nicht unmittelbar die Anker berührt, vielmehr müssen Canäle ausgespart werden, in welchen diese frei liegen und oben, wie unten und zu beiden Seiten einige Zolle weit von den Mauern entfernt bleiben. Diese Vorsicht ist besonders mit Rücksicht auf den möglichen Bruch eines Ankers geboten, was bei Stolpmünde mehrmals vorgekommen ist. Es darf auch nicht unbeachtet bleiben, dafs die Gurtungen vielleicht einst erneut, und alsdann die Anker gleichfalls gelöst und durch andre ersetzt werden müssen. In Stolpmünde sind mehrere Anker gerissen, doch konnte dabei keine Bewegung im Damm bemerkt werden, und man dürfte hieraus schliefsen, dafs letzterer, wenigstens so lange er keinem heftigen Wellenschlag ausgesetzt ist, auch ohne die Anker sich im Gleichgewicht erhält. Das Einziehn der Anker wird aber etwas erleichtert, wenn man an beiden Enden Schraubenspindeln anbringt und diese mit Muttern versieht.

Man hat in Stolpmünde die Uebermaurung mit der Ausgleichung der Oberfläche der Schüttung begonnen und zu diesem Zweck nicht nur einen aus besonders schnell bindendem Cementmörtel gefertigten Béton benutzt, sondern sogar ganze Tonnen dieses Cements ohne Zusatz von Sand über die noch vom Wasser bedeckten Steine geschüttet. Dieses sehr kostspielige Verfahren ist indessen wohl nicht zu empfehlen, und die Darstellung einer ebenen Oberfläche hat überhaupt keinen Zweck, da die Mauer nicht etwa in regelmäfsigen Schichten aus geformten Steinen, sondern aus Bruchsteinen und zwar aus zerschlagenen Granit-Geschieben ausgeführt wird. Die Uebermaurung wird ohne Zweifel mit der darunter befindlichen Schüttung in eine innigere Verbindung gesetzt, wenn man in die Vertiefungen der Schüttung einzelne Steine der Mauer eingreifen läfst, als wenn die Mauer auf einer ebenen Fläche steht. In der Oberfläche der Mauer ist allerdings die Ausebnung nothwendig. Dabei ist es sehr wichtig, dafs nicht zu grofse Steine vermauert werden, weil für solche kein passendes Lager gebildet werden kann. Nur Steine, die ein

Digitized by Google

Mann noch leicht hebt, lassen sich, wenn man nicht regelmäfsig bearbeitete Werkstücke verwendet, gut schliefsend versetzen. Besonders nachtheilig ist es aber, wie bei diesen Mauern und besonders bei den Brustmauern häufig geschah, wenn man denselben das Ansehn geben will, als seien sie aus kleinen bearbeiteten Quadern ausgeführt. Zu solcher Verblendung wurden alsdann Steine benutzt, die nur eine geregelte Aufsenfläche hatten, nach innen aber pyramidalisch zugespitzt waren, denen also jeder Verband fehlte, und die sich leicht lösten. Bei Hafendämmen ist das äufsere Ansehn gewifs von sehr untergeordneter Bedeutung, während die Stöfse und Erschütterungen, denen sie ausgesetzt sind, eine möglichst feste Verbindung fordern, so dafs kein Stein von den benachbarten sich trennen kann.

Die Uebermaurung wird bei ruhiger See und bei ziemlich niedrigem Wasserstand begonnen, und so lange solche günstige Verhältnisse anhalten, mufs man sich bemühn, die Erhöhung des Damms bis einige Fufs über Mittelwasser möglichst weit fortzusetzen, denn die weitere Erhöhung läfst sich auch bei bewegter See ausführen. Ueber dem jedesmaligen Wasserstand werden die Steine in Mörtel versetzt, und es rechtfertigt sich, wenn man für die untern Lagen schnell bindenden Cement verwendet. Derselbe war für die Häfen in Pommern stets aus den Fabriken bei Stettin und Swinemünde bezogen, woselbst er gleiche Güte, wie der beste englische Cement zeigte. Im Allgemeinen wurden einem Theil Cement drei Theile Sand (dem Rauminhalt entsprechend) zugesetzt. Indem eine mäfsige Wellenbewegung fast nie ganz aufhört, so kann es nicht fehlen, dafs das Wasser neben den so eben versetzten Steinen eine weifse Färbung annimmt, und alsdann wird zuweilen die Besorgnifs ausgesprochen, dafs der Cement ausgespült, also die Verwendung des Mörtels in zu grofser Tiefe begonnen sei. Bei schnell bindendem Cement mit dem Zusatz von zwei oder nur einem Theil Sand und wenig Wasser zeigte sich aber, dafs ohnerachtet der auch alsdann noch erfolgenden Trübung des umgebenden Wassers der Mörtel hinreichende Bindekraft behielt. Auch läfst sich ein geringer Wellenschlag noch dadurch etwas mäfsigen, dafs man Säcke, die zum Theil mit Sand gefüllt sind, um diejenige Stelle des Damms legt, wo man die Steine versetzen will. Sobald das Mauerwerk sich

Digitized by Google

über das Wasser erhebt, und die Wellen nicht mehr darüber schlagen, wird die Arbeit in gewöhnlicher Weise fortgesetzt.

Vor dem Beginn der Uebermaurung mufs die Rüstung beseitigt sein, und dieses geschieht nicht vor dem Einbringen der definitiven Verankerung. Die Jochpfähle aber, deren Ausziehn theils sehr schwer sein, theils aber auch in die Steinschüttung Bewegung bringen würde, läfst man stehn und schneidet sie über der Schüttung, also in der Höhe des mitlern Wasserstands, ab.

Indem nun die Mauer im Innern des Damms keinen Angriffen ausgesetzt ist, so hat man bei Ausführung der Stolpmünder Bauten eine Ausfüllung gewählt, die bedeutend wohlfeiler als Mauerwerk war. Diese bestand aus einem Theil Cement und zehn Theilen Seesand. Sie erhärtete freilich viel später, was jedoch hier ohne Nachtheil war. In Folge dieser Erfahrung ist auch für die Dämme bei Rügenwaldermünde dasselbe Verfahren in Aussicht genommen, wie Fig. *A.* 4 auf Taf. XXXIII. a zeigt. Ein in Mörtel versetztes Pflaster bildet die Oberfläche, um das Eindringen des Wassers in die Mauer möglichst zu verhindern. Die Krone, mit einem sanften hafenseitigen Gefälle versehn, liegt 8 Fufs über Mittelwasser, und die 4 Fufs breite Brustmauer erhebt sich noch 4 Fufs darüber. Die Ausführung der Molenköpfe wird später behandelt werden.

Bei Verlängerung der Süder- wie auch der Norder-Mole bei Pillau ist dieselbe Constructionsart gewählt worden, obwohl die Wassertiefe daselbst etwa 30 Fufs betrug, und der heftige Seegang bei westlichen Stürmen auch eine gröfsere Breite nöthig machte. Fig. *B.* 1 auf Taf. XXXIII. a zeigt den Querschnitt des Damms während der Ausführung, und Fig. *B.* 2 theils den Längendurchschnitt und theils die Seitenansicht. Die Jochholme ruhn hier nicht auf drei, sondern auf fünf Pfählen. Ihre Befestigung an die wieder mit der Neigung 1 zu 4 eingerammten Wandpfähle unterscheidet sich nicht wesentlich von der bereits beschriebenen. Bei den Zwischenpfählen in den Pfahlwänden, die über 50 Fufs lang sein mufsten, trat indessen der Uebelstand ein, dafs sie nicht hoch genug gehoben werden konnten, um zwischen den über Wasser angebrachten Gurtungen oder Zwingen herabgelassen zu werden. Die äufsere Gurtung konnte daher erst später angebracht werden, dafür wurden aber in der Tiefe

Digitized by Google

von 16 Fuſs unter Wasser eiserne Zwingen eingesetzt, in welche man, wenn auch nach einigen vergeblichen Versuchen, doch immer leicht die Pfahlspitzen einschieben konnte. Zwei Schienen, welche mit ihren Enden noch die Hauptpfähle (neben den Jochen) umfassen, sind durch zwei Schrauben so miteinander verbunden, daſs sie sich der Stärke der Pfähle entsprechend von einander entfernen lassen. Fig. *L* auf Taf. XXXIII. b zeigt diese Schienen in der Ansicht von der Seite, von oben und in gröſserem Maaſsstabe auch im Durchschnitt. Jede der Schrauben ist an einem Ende mit einem Kopf versehn. Dieser lehnt gegen eine der Schienen und eine Mutter auf der andern Seite derselben drückt ihn dagegen. Die Verbindung mit der zweiten Schiene wird aber durch je zwei Muttern an beiden Seiten dargestellt, wie der Querschnitt andeutet. Je nachdem die Entfernung der Hauptpfähle von einander etwas gröſser oder geringer ist, lassen sich die Schrauben auch versetzen, und man wählt die Abstände derselben, so wie auch die Entfernung der beiden Schienen von einander in der Art, daſs die Zwinge ohne Hinderniſs an den Pfählen hinabgleitet. Mittelst vier Ringen hängt sie an zwei Ketten in der beabsichtigten Tiefe. Indem die Jochpfähle meist stärker, als die Zwischenpfähle sind, so ist es nach dem Einrammen der letztern meist ziemlich leicht, sie an den Ketten wieder heraufzuziehn, wenn dieses aber nicht glückt, so muſs der Taucher herabgeschickt werden, um die Schrauben zu lösen.

Demnächst wurde hier der Versuch gemacht, die vordern Joche durch kreuzweise und abwärts gerichtete Ketten mit dem je vierten dahinter stehenden Joche zu verbinden. Diese Ketten, zunächst durch Schrauben-Vorrichtungen scharf angespannt, konnten vor dem Verschütten der Steine wieder leicht beseitigt werden. Obwohl hierdurch den vordern Jochen keine Stütze gegen den seeseitigen Andrang der Wellen gegeben wurde, so sollen diese Ketten doch zur Sicherung der Rüstungen wesentlich beigetragen haben.

Wichtiger war eine andre Anordnung, die man bei diesem Bau traf, um die Steinschüttung schon früher und selbst an den Stellen zu beginnen, wo nur eben die Joche mit den Hauptpfählen verbunden und die Zwischenpfähle noch nicht eingerammt waren. Dieses durfte aber unbedenklich geschehn, da die in der

Digitized by Google

Mittellinie des Damms verstürzten Steine, bei der grofsen Breite desselben, schon in bedeutender Höhe aufgebracht sein mufsten, bevor sie bis zu den Seitenwänden herabrollten. Fig. *B.* 1 und 2 auf Taf. XXXIII a deutet dieses an. Zum Beifahren der Steine waren auf den Bohlenbelag über den Jochholmen zwei schmale Geleise für die Steinwagen gelegt. Der Querschnitt zeigt aufserdem noch in der Mitte zwei Schienen. Diese in Verbindung mit den äufsern bildeten die Geleise für die beiden Dampframmen. Die schmalspurigen Geleise konnten augenscheinlich nicht früher benutzt werden, als bis die Rammen sich weiter entfernten. Man legte daher noch ein drittes schmalspuriges Geleise unter die Jochholme, das auf kurzen Schwellen ruhte, die an die Jochpfähle gebolzt waren. Von diesem aus konnten Steine schon unter den Rammen verstürzt werden. Diese Bahn war mit der Neigung von 1 zu 18 herabgeführt, doch mufste diese Rampe, um das Durchschneiden der Jochholme, also der provisorischen Verankerung, zu vermeiden, bis zu der Stelle zurückgelegt werden, wo die definitive Verankerung bereits angebracht war.

Bisher war nur von den Hafendämmen selbst die Rede, die Köpfe derselben, die wohl jedesmal durch gewisse Signale und häufig durch kleine Leuchtthürme dem ankommenden Schiffer kenntlich bezeichnet werden, lassen sich ohne wesentliche Aenderung der Construction in gleicher Weise ausführen, nur müssen die Anker rechtwinklig gegen die Schlufswand oder bei abgerundeten Köpfen radial gerichtet werden, wenn man sich nicht vielleicht zu Kreisankern entschliefst, welche die Köpfe umspannen. Andrerseits entsteht bei Ausführung dieser Dämme zwischen Pfahlwänden die Frage, ob es nicht vorzuziehn ist, für die Köpfe eine andre Bauart zu wählen und sie aus derjenigen Tiefe, welche die Schiffahrt erfordert, in grofsen Steinblöcken und namentlich in Bétonblöcken steil aufzuführen, wie etwa vor dem auf Steinschüttung ruhenden Hafendamm bei Holyhead geschehn ist. Bei Rügenwaldermünde hat man sich hierzu entschlossen. Welche Rücksichten dabei zu nehmen sind, wird bei Beschreibung derselben später mitgetheilt werden. Bei Stolpmünde, Swinemünde und Pillau sind die Pfahlwände und die Steinschüttung auch in den Köpfen beibehalten.

Digitized by Google

Zunächst mag die bei Stolpmünde gewählte Bauart beschrieben werden. Die Hafendämme sind im Wasserspiegel 20 Fufs, und in ihrer Krone, die sich 8 Fufs über Mittelwasser erhebt, 16 Fufs breit. In dem letzten Maafs ist auch noch die 4 Fufs breite Brustmauer eingeschlossen, die 4 Fufs hoch ist. Die Köpfe von kreisförmigem Grundrifs sind in der Kronenhöhe mit Radien von 11 Fufs beschrieben und die Brustmauern umgeben sie nicht nur an der Seeseite, sondern auch neben der Hafenmündung und zum Theil selbst auf der Hafenseite, so dafs sie volle Halbkreise beschreiben. Die Steinschüttung wurde auch hier sofort übermauert, jedoch in ihrer ganzen Breite, wodurch wohl der Bruch verhindert wurde. Dagegen bemerkte man bald nach Beendigung des Baues, dafs beide Köpfe sich seeseitig etwas gesenkt hatten. In dieser Lage haben sie sich indessen bis jetzt unverändert erhalten. Behufs der Verankerung wurden zunächst in die Mitte jedes Kopfes vier Pfähle gestellt, welche in radialer Richtung durch Ketten oder vielleicht durch Zugstangen mit den Gurtungen verbunden wurden, welche die kreisförmigen Pfahlwände umschlossen. Diese Gurtungen setzen sich aus kürzeren gegenseitig überblatteten Krümmlingen zusammen. Die Verankerung läfst sich aber in den Einzelheiten nicht mehr verfolgen, doch sieht man noch starke Ankerketten, welche um die Pfahlreihen der Köpfe geschlungen sind. Dieselben versehn indessen nicht mehr ihren Dienst, da sie schlaff herabhängen und von den anschlagenden Wellen in Schwingungen versetzt werden.

In Folge des bereits erwähnten theilweisen Einsturzes der Hafendämme wurden neue Reihen von Pfählen vor den alten eingetrieben, und diese Reihen setzen sich bis zu den Scheiteln der Köpfe fort und sind gleichfalls mit Gurtungen versehn. Da diese Pfähle in den Bruchstellen aber keinen sichern Stand hatten, so mufsten sie durch äufsere Steinschüttungen noch gesichert werden, und es war zu besorgen, dafs diese Steine bei heftigem Wellenschlag nach den Köpfen treiben und in oder vor der Hafenmündung sich lagern möchten. Es kam sonach darauf an, ein solches Vertreiben der Steine sicher zu verhindern. Zu diesem Zweck wurde die Schüttung nicht nur durch darüber gestürzte Bétonblöcke möglichst befestigt, sondern man setzte sie bis nahe an die Hafenmündung noch in sehr steilen Böschungen fort, die

Digitized by Google

durch Holz-Constructionen gesichert waren. In Fig. 116 auf Taf. XX sind diese Verstärkungen der Molen an der Seeseite angedeutet. Die Schüttungen beginnen etwa 50 Ruthen vor den Molenköpfen, nehmen bei ihrer Annäherung an diese immer mehr an Breite und Höhe ab, so dafs sie endlich gegen den Meeresgrund auslaufen. Sie bestehn aber, so weit sie umschlossen sind, nur aus Bétonblöcken von etwa 1 Schachtruthe Inhalt. Diese lehnen sich seewärts gegen eine Pfahlwand, in der die Pfähle von Mitte zu Mitte 4 Fufs von einander entfernt sind. Die darauf angezapften Holme sind aber in Abständen von je 12 Fufs durch Zangen mit den Mauern der Molen in Verbindung gesetzt.

Diese Anbaue haben bisher ihren Zweck genügend erfüllt, und es steht zu erwarten, dafs später die hölzerne Umschliefsung der Bétonblöcke entbehrlich sein wird, da der Grund sich hier bereits, wie erwähnt, erhöht hat, auch einer etwaigen Gefahr durch Versenkung neuer Blöcke vorgebeugt werden kann.

Der Kopf der Swinemünder Ostmole ist gleichfalls nach der in Rede stehenden Bauart behandelt und zwar nicht nur mit grofser Ueberlegung in der ganzen Anordnung, sondern auch mit vorzüglicher Sorgfalt in der Ausführung, woher es sich gewifs empfiehlt, das dabei gewählte Verfahren und namentlich auch die Verankerung eingehend zu beschreiben. Nachdem der Entwurf für letztere bereits festgestellt war, hatte man die Steinschüttung durch passend geformte Bétonblöcke überdeckt, welche zwischen sich für die Anker hinreichend weite Fugen offen liefsen. Ohne die Blöcke ausheben und aufs Neue versetzen zu dürfen, wenn sie sich beim Sacken der Schüttung nicht etwa stark verschoben hatten, wurde später, vor Beseitigung der in der Höhe der Rüstung liegenden Ankerbalken, die eiserne Verankerung eingelegt, deren ganze Anordnung der Durchschnitt *C.* 2 auf Taf. XXXIII. a zeigt.

Die strahlenförmig aus dem Mittelpunkt des Molen-Kopfes ausgehenden Stabanker heben bei ihrer symmetrischen Lage die zur Seite gerichteten Pressungen der Schüttung gegenseitig auf, und es blieb nur übrig, dem parallel zur Mittellinie des Damms nach dem Kopf gerichteten Druck den nöthigen Widerstand zu bieten. Aus der Zerlegung der Kräfte ergiebt sich aber, dafs

Digitized by Google

dieser Druck eben so grofs, wie vor einer ebenen Wand ist, welche stumpf die beiden Seitenwände verbindet. Ferner ergiebt sich, dafs alle gleichmäfsig vertheilten Radial-Anker durch den Druck gegen die kreisförmige Wand in gleiche Spannung versetzt werden. Um aber die aus kurzen eichenen Krümmlingen bestehenden Gurtungen an hinreichend vielen Punkten fassen zu können, ohne die Anzahl der aus dem Mittelpunkt ausgehenden Anker zu sehr zu vermehren, liefs man diese nicht unmittelbar in die Gurtungen selbst, sondern in einen eisernen Kranz eingreifen, von dem aus jene weiteren Verbindungen sehr bequem und in beliebiger Anzahl dargestellt werden konnten. Man vermied aber durchweg, die Gurtungen zu durchbohren und durch aufgesetzte Muttern zu halten, vielmehr wurden sie jedesmal durch eiserne Schienen umfafst, während dafür gesorgt war, dafs durch Schrauben im Innern, zu denen man leicht gelangen kann, die erforderliche Spannung sich darstellen, und wenn es nöthig wird, auch später sich wieder bilden läfst. Um endlich diesem Ankerkranz die gehörige Widerstandsfähigkeit gegen den Druck in der Längenrichtung des Damms zu sichern, wurde in die Mittellinie des letztern ein starker Anker soweit verlegt, bis die Mauermasse, gegen welche er mittelst einer gufseisernen Platte sich lehnt, diesem Druck sicher entspricht.

Die Details dieser Ausführungen sind auf Taf. XXXIII. b dargestellt. Es mufs darüber im Allgemeinen bemerkt werden, dafs die sämmtlichen Theile der Verankerung aus dem von Walzwerken bezogenen Material in der zum Hafenbau gehörigen Werkstatt bearbeitet sind. Um aber das Rosten des Eisens im Seewasser möglichst zu verhindern, wurden alle Theile vor dem Einbringen noch verzinkt.

Fig. *A* zeigt in der Ansicht von der Seite und von oben einen der Queranker, welche die gegenüberstehenden geraden Pfahlwände des Damms unmittelbar mit einander verbinden. Indem der gegenseitige Abstand der letztern zu grofs war, als dafs man diese Anker aus einem Stück hätte darstellen können, so sind sie aus je zwei Stäben von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser gebildet und in der Mitte durch eine Schnalle (vergl. Theil II, § 70) verbunden. An den äufsern Enden sind sie mit Augen versehn und hier schliefsen sich mittels Durchsteckbolzen, die durch Splinte

Digitized by Google

gehalten werden, die starken Flachschienen an sie an, welche die Gurtungen umfassen, und die in Fig. *B* wieder in der Seiten- und obern Ansicht gezeichnet sind. Durch Drehn der Schnalle läfst sich die erforderliche Spannung darstellen und es mufs bemerkt werden, dafs man die Flach-Schienen schon vorher in der Art bog, dafs sie sich an die in den Kanten abgerundeten Gurtungen scharf anlegten.

Um den Druck der Steinschüttung in der Richtung des Damms gegen den Kopf desselben aufzuheben, ist ein 45 Fufs langer und 3 Zoll starker Anker in die Mittellinie verlegt, der die Queranker kreuzt, ohne mit denselben verbunden zu sein. Sein hinteres Ende ist durch eine gufseiserne Widerlagsplatte gezogen, die Fig. *C* in der Ansicht von oben, von der Seite und im Querschnitt zeigt, während Fig. *D* den Anker darstellt. Wegen seiner grofsen Länge von 44 Fufs mufste er aus drei Stücken zusammengesetzt werden. Das Schraubengewinde greift durch die Widerlagsplatte und wird hier durch eine Mutter gehalten, mittels deren ihm auch die nöthige Spannung gegeben werden kann. Am entgegengesetzten Ende ist er mit einem Auge versehn und durch dieses wird er mit den beiden über einander liegenden Ankerscheiben Fig. *E* verbunden. Diese bestehn aus gewalztem Eisen, sind 1 Zoll stark und $2\frac{1}{2}$ Zoll von einander entfernt. Zwischen dieselben greift nicht nur der erwähnte Hauptanker, sondern auch die sieben Radial-Anker ein, die sämmtlich mittels Durchsteckbolzen gegen sie befestigt werden. Diese Radial-Anker von 2 Zoll Stärke zeigt Fig. *F*, sie stellen die Verbindung mit dem Ankerkranz dar.

Letzterer ist Fig. *G* in der Ansicht von oben und in zwei Querschnitten dargestellt. Er besteht aus zwei mit vorstehenden Rändern versehenen Schienen. Dieselben sind nach der Kreisform gebogen und durch aufgenietete starke Bleche an beiden Seiten so mit einander verbunden, dafs zwischen beiden Schienen sowohl die Zapfen der Radial-Anker, wie auch die Schraubenbolzen der Bügel hindurchgreifen, welche die gekrümmten hölzernen Gurtungen umfassen. Dieselbe Figur zeigt auch die aufgenieteten Laschen, durch welche die Schienen in den Stöfsen mit einander verbunden sind. Fig. *H* stellt dagegen die Verbindung des Kranzes mit den Zapfen der Anker und der Bügel

Digitized by Google

dar. Die Anker und Bügel sind aber so versetzt, dafs sie nirgend zusammentreffen. Die Zapfen der Bügel sind durch starke Unterlags-Scheiben hindurchgezogen. Durch Schraubenmuttern, die sich zu beiden Seiten an den Kranz lehnen, können sowohl die Radial-Anker, wie auch der Bügel angespannt werden.

Die Gurtungen vor dem kreisförmigen Kopf des Hafendamms bestehn aus fünf eichenen Krümmlingen, die so bearbeitet sind, dafs sie sich an die einzelnen Pfähle der Wand anschliefsen. Dieselben stofsen ohne weitere Verbindung nur stumpf an einander, doch wird jedes Stück durch drei Bügel und Anker gehalten, und zwar sind diese so vertheilt, dafs sie jedesmal in die Fugen zwischen zwei Pfähle treffen.

Im Uebrigen wäre über diesen Bau, der sich seitdem ohne Beschädigung erhalten hat, zu bemerken, dafs seine Länge von dem Punkt ab, wo der flach abfallende Kopf der alten Mole den Wasserspiegel erreichte, 16 Ruthen beträgt. Die neue Krone setzt sich indessen noch etwa 4 Ruthen weit auf dem alten Damm font, nämlich bis zu dem Punkt, wo letzterer die volle Höhe hat und seine Kopfböschung beginnt. Die Breite des Damms im Niveau des Mittelwassers mifst zwischen den Pfahlwänden 38 Fufs. Die Kronenhöhe beträgt bis nahe an die neue Leuchtbaake 5 Fufs über Mittelwasser, von hier ab erhebt sie sich aber in einer 12 Fufs langen Rampe noch 2 Fufs. Die Brustmauer ist 6 Fufs breit und 5 Fufs hoch und zieht sich in einem Halbkreis um den neuen Kopf herum, wie der Grundrifs des Damms Fig. *C.* 1 und der Querschnitt desselben Fig. *C.* 3 auf Taf. XXXIII. a zeigen. Letzterer ist unmittelbar neben die Leuchtbaake gelegt und giebt daher die gröfsere Kronenhöhe schon an, doch markirt die punktirte Linie auch die weiter rückwärts liegende geringere. Dieselben Figuren zeigen die Treppe, die einen bequemen Aufgang auf die Brustmauer bietet, während in der ganzen Länge der Ostmole in gewissen Entfernungen noch eiserne Leitersprossen oder stufenförmige Absätze in der Mauer angebracht sind, die das Besteigen derselben ermöglichen.

Um zu den verschiedenen Theilen der Verankerung gelangen zu können, sind eine Anzahl Einsteige-Oeffnungen in der Krone angebracht und durch eiserne Gitter verschlossen. Die Oeffnung *a* führt zu den Ankerplatten, *b* dagegen zu der Widerlagsplatte,

Digitized by Google

c und *d* zu den Schnallen der Queranker. Eben solche Oeffnungen setzen sich auch auf der ganzen Länge des neuen Damms fort, sie konnten aber unter der Leuchtbaake nicht angebracht werden. Statt ihrer ist dagegen ein Canal zur Ausführung gekommen, den in Fig. *C.* 1 die punktirten Linien angeben, und der im Querschnitt sichtbar ist. Wenn derselbe auch keineswegs einen bequemen Zugang zu den Schnallen der Queranker bildet, so ist er dennoch bei gewöhnlichem oder bei niedrigem Wasserstande zu passiren.

Die beiden letzt erwähnten Figuren zeigen auch die auf den Molenkopf gestellte neue Leuchtbaake. Auf der alten Mole befand sich bereits eine solche, die aber bei der Verlängerung des Damms zu weit zurückstand, um die Einfahrt noch sicher zu bezeichnen. Die alte Baake war in ihrem untern Theil massiv ausgeführt und stand auf einem Pfahlrost. Sie nahm also an dem allgemeinen Sacken des Damms nicht Theil und fortwährend öffneten sich rings um sie in dem Pflaster neue Fugen, die, wenn auch in jedem Jahre geschlossen, dennoch zu gefährlichen Einrissen bei heftigen Stürmen vielfach Veranlassung gaben.

Um ähnlichen Uebelständen vorzubeugen, wurde jetzt der Pfahlrost umgangen und die neue Baake, die ganz in Eisen ausgeführt ist, unmittelbar auf die Uebermaurung des Damms gestellt und mit dieser durch sechs tief eingreifende Anker verbunden. In Fig. *C.* 3 sind diese Anker nebst den Splinten durch scharfe Linien angedeutet. Gegen den starken Wellenschlag, der namentlich bei Nordost-Stürmen hier stattfindet, mufste die Baake aber noch besonders gesichert werden. Zu diesem Zweck wurde theils, wie bereits erwähnt, sowohl der Kopf der Mole selbst, als auch die ihn umgebende Brustmauer um 2 Fufs erhöht, theils aber schien es auch erforderlich, dem überschlagenden Wasser möglichst wenig Widerstand zu bieten. Im untern Theil des Thurms wurde daher die Bekleidung fortgelassen, so dafs die Wärterstube nebst der Laterne nur auf acht, aus Eckeisen zusammengenieteten und durch Bänder mit einander verbundenen Stielen ruht. Die hinaufführende Wendeltreppe ist aber auf das möglichst geringste Maafs zurückgeführt und wird von einem Blech-Cylinder umschlossen, der nur $4^1/_2$ Fufs weit ist.

Der Kopf der Norder-Mole vor dem Pillauer Hafen

Digitized by Google

ist in einer Weise ausgeführt, die mit der Construction der Seiten-Einfassungen möglichst übereinstimmt. Er wird nämlich durch eine in gleichem Verhältnifs geneigte gerade Pfahlwand rechtwinklig abgeschlossen.

Indem ein kleiner eiserner Leuchtthurm hier aufgestellt werden soll, ist die Mole an ihrem Ende bis auf 45 Fufs zwischen den Pfahlwänden im Niveau des mittlern Wasserspiegels verbreitet. In ihren Köpfen schlossen sich zwar die geneigten Pfähle der Seitenwände an die der Querwand an, dagegen entfernten sie sich im Wasserspiegel schon bedeutend von einander und noch mehr war dieses in der Tiefe der Fall, wo unbedingt zwischen denselben die Steine hindurch gefallen wären. Um dieses zu verhindern, wurden in die beiden Ecken noch je sechs Pfähle gerammt. Der Taucher stellte die Spitzen derselben auf dem Grunde so ein, dafs sie hier in gleichmäfsigem Abstande von einander Quadranten bildeten, an die sich tangential die Pfahlreihen der beiden Seitenwände anschlossen. Ihre obern Enden waren aber soweit zurückgezogen, dafs sie über dem Wasserspiegel sich berührten und hier in zwei Reihen hinter einander liegend, sich an die definitiven Gurtungen lehnten.

Um das Ausweichen der Abschlufswand zu verhindern, war im Abstande von 13 Fufs noch eine senkrechte geschlofsne Pfahlwand quer durch die Mole gestellt. Eine Gurtung hinter derselben war durch sechs Anker mit der äufsern verbunden. Indem aber diese Verankerung noch nicht weit genug eingriff, so befand sich 15 Fufs rückwärts noch eine zweite ähnliche Zwischenwand, die jedoch nicht geschlossen war, sondern worin die Pfähle Zwischenräume von etwa 1 Fufs liefsen. Diese Wand war wieder durch sechs andre Anker mittels andrer Gurtungen mit der ersten verbunden. Die Anker lagen ungefähr in der Art, dafs die zweiten die Fortsetzung der ersten bildeten. Die vier mittlern waren parallel zur Achse der Mole gerichtet, die beiden äufsern dagegen entfernten sich von den Seitenwänden, um sichrer von den Zwischenwänden gefafst zu werden.

Dieser Abschlufs zeigte sich vergleichungsweise gegen die Construction des Kopfes der Swinemünder Mole so einfach und so wenig kostbar, dafs es Absicht ist, denselben auch für die Süder-Mole, so wie auch für die Norder-Mole bei Memel beizubehalten.

Digitized by Google

Die scharfen Ecken der Pfahlwände dürfen wohl nicht als merklicher Uebelstand angesehn werden, da die Mündungen beider Häfen so weit sind, dafs die Schiffe leicht von den Köpfen entfernt gehalten werden können. In der Uebermaurung setzen sich diese Ecken oder Kanten aber nicht fort, vielmehr wird dieselbe in cylindrischer oder vielmehr kegelförmiger Fläche abgeschlossen.

Was endlich den Kopf des Hafendamms bei Rügenwalder-Münde betrifft, der aus Bétonblöcken besteht und nicht von dichten Pfahlwänden umschlossen ist, so wird derselbe bei Gelegenheit der aufgemauerten Hafendämme beschrieben werden.

Indem vorstehend die verschiedenen Constructionsarten grösserer Hafendämme beschrieben sind, wobei die Uebermaurung auf einer Steinschüttung zwischen Pfahlwänden ruht, so dürften auch noch die in viel geringeren Dimensionen ausgeführten ähnlichen Umschliefsungen des kleinen Fischerhafens neben der Greifswalder Oie zu erwähnen sein.

Das Bedürfnifs zur Anlage solcher Häfen hatte sich, wie bereits § 29 nachgewiesen ist, bereits seit geraumer Zeit bei uns herausgestellt, und die kleine Insel Greifswalder Oie, vor der Mündung des Greifswalder Boddens, etwa 4 deutsche Meilen in nordwestlicher Richtung von Swinemünde entfernt, schien hierzu besonders geeignet. Sie besteht aus festem Thonboden, der sich etwa 40 Fufs über den Wasserspiegel erhebt. Nur auf der Nordseite ist zum Schutz des Leuchtthurms der Fufs des Ufers durch Einbaue gedeckt. Im Uebrigen wird die Insel überall von den Wellen angegriffen, und die Ufer erheben sich beinahe lothrecht, während sie oft stellenweise einige Zeit hindurch sogar überhängen. Die eingesprengten grofsen Granitblöcke sieht man ringsumher auf und vor dem schmalen Strande liegen, während auf der Südseite, woselbst der einzige Zugang zur Insel sich befindet, ein Steinriff etwa 1000 Ruthen weit in südwestlicher Richtung sich in die See erstreckt. Die Oie hat auffallende Aehnlichkeit mit Helgoland, doch hat sie den grofsen Vorzug, dafs nicht nur reichliches Getreide daselbst gebaut wird, sondern auch eine kleine Waldung sich darauf befindet, die grofsentheils aus hohen Weifsdornbäumen besteht.

Auf der südwestlichen Seite der Insel ist der erwähnte Fischerhafen angelegt. Seine Breite mifst durchschnittlich

Digitized by Google

48 Ruthen, doch ist er auf 20 Ruthen Breite, und zwar neben dem Ufer, noch nicht nutzbar, da er hier weniger als 4 Fufs tief ist. Seine Länge beträgt 87 Ruthen.

Drei geradlinige Dämme von übereinstimmender Construction umschliefsen den Hafen. Der nordöstliche tritt bis in die Richtung des nordwestlichen, und dieser wieder bis in die des südwestlichen vor. Zwischen je zweien derselben befinden sich aber die beiden 10 Ruthen weiten Mündungen, von denen eine nach Nordwest, die andre nach Südwest gerichtet ist. Der erste und der letzte Damm schliefsen sich unmittelbar an die Insel an.

Der Hafen ist sonach gegen nördliche und östliche Stürme, die hier den stärksten Seegang veranlassen, geschützt, und ehe noch die Dämme bis zur vollen Höhe angeschüttet waren, die Brustmauern aber noch ganz fehlten, liefen bereits bei einem plötzlich eintretenden Sturm über zwei hundert Böte gleichzeitig ein und fanden darin hinreichende Sicherheit. Die nach Nordwest gekehrte Mündung wird vorzugsweise benutzt, die andre ist nur auf besondern Wunsch der Fischer offen gelassen, da sie durch diese in gewissen Fällen bequemer auslaufen können. Ob die durch zwei Oeffnungen veranlafste schwache Durchströmung des Hafens auch hier, wie sonst zu geschehn pflegt, Verflachungen herbeiführen wird, soll abgewartet werden, und wenn solche in bedenklicher Weise eintreten, wird die südwestliche Mündung zu schliefsen sein.

Die Dämme bestehn wieder aus Steinschüttungen zwischen zwei im Verhältnifs von 1 zu 4 geneigten und geschlossenen Pfahlreihen. Da jedoch die Wassertiefe durchschnittlich nur 6 und äufsersten Falls 8 Fufs betrug, auch nach einigen Proben die Pfähle hinreichend tief eindrangen, so erschien die gegenseitige Verankerung der Pfahlreihen entbehrlich und die Pfähle wurden ohne Anwendung von Zwingen nur möglichst schliefsend eingerammt. Später ist man indessen zweifelhaft geworden, ob die Pfähle wirklich sicher stehn, und obwohl in der kurzen Zwischenzeit die Erfahrung solche Besorgnifs nicht begründete, so legte man dennoch vor die Wände noch Gurtungen und verband diese durch eiserne Anker. Dabei trat der Uebelstand ein, dafs bei der unregelmäfsigen Stellung der Pfähle nur wenige derselben sich gegen die Gurtungen lehnen, und sonach die grofse Mehrzahl,

Digitized by Google

wenn sie dem Druck der Schüttung an sich nicht widerstehn, dennoch trotz dieser Vorsichtsmaafsregel etwas herausgedrückt werden können.

Die Kronen der Dämme sind 14 Fufs breit und liegen 2 Fufs über Mittelwasser, darüber erhebt sich die $5\frac{1}{2}$ Fufs hohe Brustmauer, die oben 4 Fufs 9 Zoll und unten 5 Fufs 6 Zoll stark ist. Diese Mauer unterscheidet sich von der in andern Häfen ausgeführten dadurch, dafs sie nicht aus kleinern gesprengten und einigermaafsen lagerhaften Steinen, sondern aus grofsen unförmlichen Geschieben ausgeführt ist. Bei der geschützten Lage des Hafens dürfte diese Abweichung, wodurch die Ausführung sich etwas erleichtert haben soll, wohl ohne Nachtheil sein.

§ 59.

Ueberbrückungen.

In Häfen, vor welchen ein starker Fluthwechsel statt findet, haben die Dämme zuweilen nur den Zweck, den Spülstrom zusammen zu halten, der immer beim niedrigsten Wasserstand dargestellt wird. In diesem Fall brauchen sie nur wenig über den letztern oder über die Sandablagerung vor dem Hafen sich zu erheben. Zur Zeit des Hochwassers werden sie überfluthet und liegen sogar so tief, dafs sie besonders bezeichnet werden müssen, damit die Schiffe nicht auflaufen und stranden. Sie sind zu niedrig, als dafs man von ihnen aus den einkommenden und ausgehenden Schiffen Hülfe leisten könnte. Durch Ueberbrückungen oder Ueberbauung in Holz kann man beide Mängel beseitigen, und dieses ist in den Französischen Häfen am Canal vielfach geschehn. Die Ueberbrückung begrenzt alsdann sehr kenntlich das Fahrwasser, sie hat auch hinreichende Festigkeit, dafs Schiffe sich dagegen lehnen können, und von ihnen aus kann jede erforderliche Hülfe geleistet werden. Kräftige Winden auf ihren Köpfen dienen zum Einholen derjenigen Schiffe, welche die Hafenmündung nicht erreichen, und sobald die Schiffe diese gewonnen haben, so werden sie leicht von den Brücken aus hineingezogen.

Häufig bestehn die Ueberbrückungen nur aus durch-

Digitized by Google

sichtigem Holzbau. Dabei tritt indessen der Uebelstand ein, dafs die Küstenströmung über die niedrigen Dämme fort, also quer durch den Vorhafen geht, und die Schiffe von dieser gefafst und an einen der Dämme getrieben werden. Man begegnet diesem Uebelstand dadurch, dafs man schon beim Einwinden das Schiff an denjenigen Kopf bringt, der auf der Stromseite sich befindet, und dafs man auf dieser Seite auch die Schiffszieher gehn läfst, damit der schräge Zug der Treidel-Leine das Auflaufen auf den gegenüber liegenden Damm verhindert. Die Querströmung veranlafst indessen bei der geringen Höhe der eigentlichen Dämme noch einen andern Uebelstand. Sie führt nämlich auch Sand und selbst Kies in den Hafen. In beiden Beziehungen empfiehlt es sich, die Ueberbrückungen bis zu gröfserer Höhe mit dichten Wänden zu versehn, und sie im Innern mit Steinen oder Strauch anzufüllen. Die Steinschüttung gewährt alsdann noch den wesentlichen Nutzen, dafs der Damm an Stabilität gewinnt und weniger bei Wellenschlag oder beim Gegenstofsen der Schiffe leidet.

Im Allgemeinen sind solche Ueberbrückungen vielfachen Beschädigungen ausgesetzt, und selbst wenn dabei starkes Eichenholz benutzt wird, mufs man sich doch darauf gefafst machen, in 20 bis 30 Jahren die Verbandstücke auszuwechseln, da sie bei der Benetzung und bei dem theilweisen Austrocknen in jeder Fluth-Periode leiden. Die Reparaturen und selbst Erneuerungen lassen sich indessen bequem und in kurzer Zeit ausführen, woher diese Constructions-Art keineswegs als ungeeignet angesehn werden kann. Sie empfiehlt sich indessen immer nur in Häfen, vor denen ein starker Fluthwechsel stattfindet.

Die ganze Brücke besteht aus einzelnen Bindern, die in Abständen von etwa 6 Fufs senkrecht aufgestellt, an Grundpfähle befestigt und unter sich verbunden werden. Die Zusammensetzung der Binder ist sehr verschieden. Wenn man die Häfen von Ostende bis nach Dieppe verfolgt, so findet man an jedem Ort andre Constructionen und oft sogar verschiedene in den ältern und neuern Theilen desselben Damms. Wenn hier auch nur die wesentlich verschiedenen Bauarten beschrieben werden dürfen, so mufs doch gleich bemerkt werden, dafs im Innern der Häfen, wo der Wellenschlag mäfsiger wird, die ähnlichen

Digitized by Google

Brücken, die nur als Treidelwege dienen, noch leichter erbaut werden. Diese liegen meist auf zwei, zuweilen aber auch nur auf einer Reihe von Pfählen oder Stielen, die rückwärts durch Streben gesichert sind, damit sie beim Anstofsen der Schiffe nicht abbrechen. Ein Beispiel hiervon ist der Fig. 107 auf Taf. XVIII dargestellte Bau in Dieppe.

In dem vordern Theil eines Hafendamms, der vor das Ufer tritt, mufs jeder Binder auf beiden Seiten, so wie auch im Innern kräftig verstrebt sein, während doppelte Zangen die Hauptverbandstücke umfassen. Fig. 153 zeigt die einfachste Zusammensetzung derjenigen Binder, die etwa vor zwanzig Jahren für die Ueberbrückung der Dämme in Gravelines gewählt ist. Jeder Binder ruht auf zwei Grundpfählen, und besteht aus den beiden äufsern schrägen Stielen und zwei innern Streben, die mit Versatzung in diese eingreifen, und wo sie sich kreuzen, überschnitten sind. Drei doppelte Zangen, die mittelst Schraubenbolzen daran befestigt sind, geben dem ganzen Binder den nöthigen Zusammenhang, und die Stiele erheben sich soweit über die obern Zangen, dafs sie noch als Pfosten für die niedrigen Geländer dienen.

Der einzelne Binder wird in der beschriebenen Art, jedoch ohne die untern Zangen, auf dem Ufer abgebunden und sobald er bei der Fluth schwimmt, flöfst man ihn an diejenige Stelle, wo er aufgerichtet werden soll. Ein starker Balken, der auf den bereits aufgestellten Bindern ruht und an diese gehörig befestigt ist, dient als Krahn. An diesen hängt man den obern Block eines Flaschenzugs, während der untere gewöhnlich an die Durchkreuzung der beiden Streben befestigt wird, und nunmehr hebt man mittelst einer Erdwinde den neuen Binder. In dieser Zeit mufs das Wasser soweit gefallen sein, dafs die Köpfe der Grundpfähle frei werden, auch mufs man in diesen Köpfen schon vorher genau passend die Einschnitte angebracht haben. Man schiebt in dieselben die Enden der Stiele hinein und bringt die untern Zangen an, welche auch die Grundpfähle umfassen. Der neue Binder wird nunmehr gegen den bereits stehenden leicht befestigt, bis nach der Aufstellung andrer der Längenverband vollständig angebracht werden kann. In jeder Fluthperiode stellt man einen Binder auf.

Der Längenverband besteht zunächst aus zwei Schwellen

Digitized by Google

an jeder Seite, von denen eine über, die andre unter den untersten Zangen liegt. Aufserdem befinden sich noch zwei Balken über den mittleren, und drei über den oberen Zangen. Letztere dienen zugleich als Brückenbalken. Die starken Holme über den Stielen sind zugleich Geländer-Holme. Der Brückenbelag besteht aus 4zölligen Kreuzhölzern, die sich jedoch nicht unmittelbar berühren, sondern Zwischenräume von $1^1/_2$ Zoll Weite zwischen sich frei lassen, damit bei starkem Seegange das Wasser hindurchtreten kann, und dadurch der aufwärts gerichtete Stofs der Welle sich etwas vermindert. Diese Kreuzhölzer werden aber von zwei Balken gehalten, die mit den untern Brückenbalken verbolzt sind. Verstrebungen nach der Länge des Hafendamms kommen gewöhnlich nicht vor, dieselben sind auch in sofern entbehrlich, als die Dämme sich wohl immer an massive Hafendämme und an festere Köpfe anschliefsen.

Wenn die Binder gröfsere Breite haben, so sind sie auch mit Mittelstielen versehn, und um diese nicht durch die eingelassenen Streben zu schwächen, werden die letztern zur Seite aufgebolzt und durch Versatzung mit den Zangen verbunden. Man pflegt aber, wie auch bei den Jochen der Brücken gewöhnlich geschieht, die beiderseitigen Streben alsdann nicht einander gegenüber zu legen, sondern sie auf der einen und der andern Seite in entgegengesetzter Richtung zu neigen. Sobald man Mittelstiele anbringt, müssen diese noch durch besondere Grundpfähle, an die sie angeblattet sind, unterstützt werden. Diese mittlern Pfähle läfst man aber häufig weiter hinaufreichen, so dafs sie von den zweiten Zangen gefafst werden. Man erreicht dadurch einige Erleichterung in der Aufstellung der Binder, indem dieselben durch die beiden Zangen-Paare, welche die niedrigeren und die höhern Grundpfähle umfassen, hinreichend gehalten werden, und bis zur Anbringung des Längen-Verbandes keiner weitern Befestigung bedürfen.

Zuweilen läfst man die eingerammten Pfähle auch bis zur Brücke hinaufreichen. Der Bau gewinnt dadurch allerdings an Festigkeit, aber eine Zusammensetzung, die in diesem Fall nur an Ort und Stelle geschehn kann, wird mühsamer, und besonders schwierig wird die Unterhaltung, da die langen Pfähle, sobald sie schadhaft sind, durch neue ersetzt, und zu diesem Zweck

Digitized by Google

jedesmal Rammarbeiten vorgenommen werden müssen. Anders verhält es sich mit den kurzen Grundpfählen. Wenn diese auch bei der Ebbe über Wasser treten, so bleiben sie doch stets nafs und dauern daher sehr lange. Die Reparaturen und Erneuerungen beziehn sich daher bei kurzen Grundpfählen nur auf die ganzen Binder oder auf einzelne Verbandstücke, und diese kann man auf dem Ufer vollständig zurichten und in der kürzesten Zeit aufbringen.

Der niedrige Steindamm befindet sich jederzeit an der äufsern Seite des Hafendamms, weil auf der innern die Schiffe unmittelbar bis zu den Brücken tiefes Wasser finden müssen. Wenn der Hafendamm nicht offen bleibt, wie der so eben beschriebene, so verkleidet man die äufsern Stiele ganz oder theilweise mit Bohlen und füllt den innern Raum mit Steinen aus. Gewöhnlich wird die Bohlenverkleidung auf der äufsern Seite angebracht. Sie ist alsdann freilich der Gefahr ausgesetzt, durch den Druck der Steinschüttung gelöst zu werden. Wenn sie sich aber auf der innern Seite der Stiele befindet, so leidet sie in ähnlicher Weise durch den Stofs der Wellen, und wenn Beschädigungen eintreten, so ist das Einziehn neuer Bohlen viel beschwerlicher, als wenn diese auswärts befestigt sind.

Eine eigenthümliche Art der Ueberbrückung ist auf dem westlichen Hafendamm von Boulogne zur Ausführung gekommen. Sie steht nicht auf Grundpfählen, die wegen der vorhandenen Steinschüttung nicht eingerammt werden konnten, vielmehr greift sie mit den Stielen und Streben in die Schüttung ein, und wird innerhalb der letztern durch Zangen und Ankerbalken gehalten. Figur 154 zeigt die Anordnung. Man mufste sich zu derselben entschliefsen, weil die Steinschüttung, die man ursprünglich gewählt hatte, sich auch hier als ganz unhaltbar erwies, und nicht beseitigt werden konnte. Die nähere Beschreibung dieser gewifs nicht empfehlenswerthen Anlage dürfte sich in sofern rechtfertigen, als daraus zu ersehn ist, wie auffallend auch hier das Bedürfnifs sich herausstellte, eine flache Steinschüttung zu sichern und namentlich das Herübertreiben der einzelnen Steine über die Krone zu verhindern.

Man wollte ursprünglich den ganzen Damm aus einer hohen und überpflasterten Steinschüttung darstellen. Minard giebt das

Digitized by Google

Profil an, welches dieser Damm erhalten sollte. Seine Krone in der Höhe der gegenwärtigen hölzernen Brücke sollte 8 Fufs über die Aequinoctial-Springfluthen treten und 24 Fufs breit sein. An dieselbe schlofs sich an der Hafenseite die in der Figur rechts liegt, eine Böschung von einfacher Anlage an, die bis zu derjenigen Spundwand herabreichte, an welche sich gegenwärtig die Bohlenbekleidung anlehnt. Auf der Seeseite hatte die Böschung, die gleichmäfsig sich bis auf den Grund erstreckte, beinahe dreifache Anlage, die Höhe verhielt sich nämlich zur Basis, wie 1 zu 2,82. Es war also ein Hafendamm projectirt, der nahe mit unsern ältern Molen übereinstimmte. Ob im Innern Senkstücke lagen oder nicht, war auf das weitere Verhalten ohne Einfluſs, der wichtigste Unterschied beruhte nur auf der steilen Böschung an der Hafenseite, doch diese wird nicht beschädigt, und die Zerstörungen traten nicht an ihr, sondern an der flachen Böschung auf der Seeseite ein. Eine vollständige Ueberpflasterung und zwar mit sehr grofsen Steinen auf der Seeseite, von unten auf bis zum höchsten Wasserstande war vorgesehn. Letztere konnte bei Niedrigwasser bequem ausgeführt werden, da die Sandablagerung zur Seite ganz trocken wurde. Minard sagt: „die Steinschüttung war noch nicht ganz vollendet, als man sah, dafs ihr oberer Theil niemals widerstehn würde. Die Steine wurden durch die von Westen anrollenden Wellen fortgetrieben und fielen in das Innere des Hafens, so dafs der ganze Damm nach und nach gegen denselben weiter vorrückte". Die Erscheinung war also genau dieselbe, wie bei Cherbourg, Plymouth und in unsern Häfen. Die Erfahrungen in Boulogne zeigten aber, dafs die flache Böschung unsrer Molen auf der Hafenseite doch einen, wenn auch nur scheinbaren, Vortheil bietet. Auf derselben können sich nämlich die übergeworfenen Steine so lange ablagern, bis endlich die Böschung auch hier so steil wird, dafs sie in den Hafen stürzen.

Man senkte nunmehr die Krone der Schüttung bis auf das höchste Wasser, und stellte darauf einen hölzernen mit Steinen angefüllten Ueberbau. Indem jedoch die Wellen beim Auflaufen auf die flache Böschung dem Wasser schon die fortschreitende Bewegung mitgetheilt hatten, so stiefs dieses so heftig gegen die senkrechte und dichte Wand, dafs die nächsten davor liegenden

Digitized by Google

grofsen Steine herausgerissen wurden. Das Verhältnifs war ein ganz andres, als bei Cherbourg, da die flache Böschung bei Boulogne bis zum höchsten Wasser, bei Cherbourg dagegen nur bis zum niedrigsten heraufreichte.

Hierauf wurde die Bohlenverkleidung des Ueberbaues, so wie auch die Steinpackung in diesem beseitigt und derselbe nur als Brücke benutzt, unter der die Wellen in den Hafen überschlugen. Um die Steinschüttung zu sichern, wurde aber die Krone, wie auch der obere Theil der äufsern Böschung und die ganze innere Böschung mit Bohlen verkleidet. Auf der letzten war der Bohlen-Belag nur im obern Theil angebracht, man hat ihn jedoch später bis zu der erwähnten Spundwand herabgeführt, damit die Schiffe sich an den Damm legen können, ohne dafs sie die Steine berühren, oder auch wohl beim Beginn der Ebbe sich darauf festsetzen und alsdann einer augenscheinlischen Gefahr ausgesetzt sein würden. Bei der durch Spülung und Baggerung veranlafsten Vertiefung des Hafens, der zur Zeit des Hochwassers auch Fregatten zugänglich werden soll, mufste die erwähnte Spundwand noch durch eine zweite und durch eine dazwischen eingebrachte Steinschüttung gesichert werden. Die äufsere Steinböschung ist bis zum Bohlenbelage mit sehr grofsen auf den Kopf gestellten Blöcken abgepflastert und beim Versetzen derselben sind die Fugen in ihrer ganzen Höhe mit Mörtel gefüllt. Der durchsichtige Ueberbau, der, wie erwähnt, anfangs eine andre Bestimmung hatte und deshalb eine grofse Breite erhielt, dient nur theilweise als Brücke. Auf der innern Seite desselben befindet sich in der Höhe des höchsten Wassers ein zweiter mit Bohlen bedeckter Gang, der vorzugsweise zum Treideln beim Ein- und Ausbringen der Schiffe benutzt wird.

An dem Kopf eines Hafendamms mufs die Brücke eine gröfsere Breite erhalten, da in den Französischen Häfen am Canal die Aufstellung einer kräftigen Erdwinde nöthig ist, um die ankommenden Schiffe bei der kurzen Dauer des Hochwassers einzuholen, wenn sie wegen der Küstenströmung oder bei einer nicht günstigen Windrichtung die Mündung nicht erreichen können. Oft besteht diese Winde in einem grofsen Gangspill, oder da dieses zu viel Raum einnimmt, wenn es einen starken Zug ausüben soll, so wird dafür in neuerer Zeit vielfach ein horizontales Spill,

Digitized by Google

wie es auf den Schiffen zum Aufwinden schwerer Anker dient, angewendet, welches durch einen gleicharmigen Hebel wie eine Feuerspritze in Bewegung gesetzt wird. Aufserdem befindet sich gewöhnlich auf dem Kopf ein kleiner Leuchtthurm, meist in Eisenblech ausgeführt und mit einer grofsen Glocke versehn, die beim Nebel angeschlagen wird. Endlich ist auch eine Wärterbude hier nothwendig. Um dieses Alles auf den Kopf der Brücke zu stellen, ohne dieselbe so zu beengen, dafs die Mannschaft, die das Schiff einschleppt, nicht behindert wird, ist eine Breite von etwa 40 Fufs erforderlich. Man pflegt auch den Kopf abzurunden, damit die Schiffe ihn leichter passiren können, auch seine breite Stirnfläche nicht einem zu starken Stofs der Wellen ausgesetzt wird. Aufserdem mufs im Kopf noch eine gewisse Längen-Verstrebung angebracht werden, die im übrigen Theil der Brücke meist ganz fehlt.

Diese verschiedenen Rücksichten geben zu einer wesentlichen Aenderung der Construction Veranlassung. Um ein Beispiel dafür mitzutheilen, wähle ich den Kopf des östlichen Hafendamms von Calais. Derselbe ist, wie Fig. 134 zeigt, halbkreisförmig abgerundet, und seine Breite mifst etwa 40 Fufs. Bis zu diesem Halbkreise hat man die Binder, welche die Brücke tragen, noch in ähnlicher Art, wie oben beschrieben, zusammengesetzt und aufgestellt, sie sind aber wegen der gröfsern Breite zwischen den beiderseitigen Streben mit fünf Mittelstielen und vielfachen innern Verstrebungen versehn. Die abweichende Construction beginnt erst im Mittelpunkt jenes Halbkreises. Hier steht der letzte Binder, der die ganze Breite des Damms umfafst. Er unterscheidet sich von den frühern theils dadurch, dafs die sämmtlichen Verbandstücke aus Eichenholz bestehn, theils ist sein mittlerer Stiel nicht einfach, sondern aus vier Stücken zusammengesetzt, die den Kopf eines eingerammten eichenen Pfahls umfassen und mit demselben durch starke Bolzen verbunden sind. Um diesen Binder herbeizuflöfsen, müssen schon Tonnen daran gebunden werden, um ihn aber aufzuheben und zu richten, genügt nicht ein einzelner Krahnbalken, vielmehr sind drei solche erforderlich, und die an jeden derselben befestigten Flaschenzüge werden mittelst besonderer Erdwinden oder Gangspille angezogen.

Die folgenden sieben Binder, welche den Halbkreis darstellen,

Digitized by Google

stehn mit den frühern nicht parallel, sondern sind radial gerichtet. Ihre Zusammensetzung entspricht wieder der gewöhnlichen Verbindung, doch sind sie nur mit einer durchgehenden Strebe versehn, während sie im Uebrigen zwei senkrechte Mittelstiele und Kreuzbänder haben, die durch doppelte Zangen verbunden sind. Sie treten sehr nahe an den centralen Mittelstiel heran, ohne jedoch denselben zu berühren. Die Verbindung mit diesem findet nur oben, unmittelbar unter der Brücke statt. Hier umfafst den Mittelstiel ein grofser, etwa 1 Fufs hoher gufseiserner Ring, der oben eine Platte von nahe 6 Fufs Durchmesser bildet, die durch angegossene Rippen unterstützt wird. Diese Platte trägt die Enden der Brückenbalken, welche auf die radialen Binder aufgezapft sind. Die Binder, die in ihren Ebenen gegenseitig Winkel von $22\frac{1}{2}$ Graden bilden, sind durch Zangen aus krummgewachsenen Hölzern mehrfach unter sich und mit dem diametralen grofsen Binder verbunden. Aufserdem befinden sich im Innern vielfache Verstrebungen, so dafs der ganze Bau eine grofse Festigkeit gewinnt, wenn gleich bei hartem Gegenstofsen eines Schiffs Beschädigungen nicht zu vermeiden sind.

In Englischen Häfen kommen Ueberbrückungen niedriger Hafendämme nur selten vor. Man könnte den oben § 48 erwähnten Damm bei Folkstone, das sogenannte Horn, hieher zählen, der aber in Eisenschienen ausgeführt ist. Mehr Aehnlichkeit mit den Französischen Constructionen hat der Hafendamm bei Leith, den Fig. 155. *a* und *b* im Profil und in der Ansicht von der Hafenseite zeigt. Seine Zusammensetzung ergiebt sich aus der Zeichnung. Er unterscheidet sich von den Französischen vorzugsweise dadurch, dafs er nicht aus Bindern besteht, die im Zusammenhange auf kurze Pfähle gestellt werden, vielmehr setzt sich jedes Gebinde aus drei schräge eingerammten Pfählen zusammen, die durch eine einfache angebolzte Zange und einen Holm verbunden sind. Die Reparatur dieses Baues dürfte daher nicht leicht sein, namentlich da die hintern Pfähle von dem Steindamm umschlossen sind. Der Bohrwurm zeigt sich sehr stark in diesem Hafen; auf eine lange Dauer der Hölzer, die wenigstens ursprünglich nicht mit Metall-Oxyden oder Creosot getränkt waren, dürfte daher nicht zu rechnen sein. Der Hafen ist überdiefs der Verflachung sehr ausgesetzt, woher die gröfsern Schiffe

Digitized by Google

nicht hier einlaufen, sondern nach dem nicht weit entfernten Granton-Pier gehn.

In neuerer Zeit ist vor dem kleinen Hafen Blyth, nördlich von der Mündung der Tyne, ein 1800 Fufs langer Damm nach Art der Französischen Dämme ausgeführt. Derselbe besteht aus Bindern, die auf Schwellen stehn, und im Innern mit Bohlen verkleidet sind, wogegen eine Steinschüttung lehnt. Indem letztere ursprünglich nur zwischen den äufsern Stielen und der Strebe sich befand, also wenig massenhaft war, traten starke Beschädigungen ein, die jedoch aufhörten, als man den ganzen Raum zwischen den beiderseitigen Stielen mit Steinen füllte. Die Holme, welche die Stiele verbinden, tragen auch hier eine Brücke *).

An die hölzernen Ueberbrückungen legen häufig Packetböte an, um Reisende und leichte Güter einzunehmen. Indem ihre Ankunft und Abfahrt in bestimmten Stunden erfolgt, so müssen die Dampfböte bei den verschiedensten Wasserständen zugänglich sein. Um dieses zu ermöglichen, ohne dafs hohe Leitern angewendet werden, bringt man in der Ueberbrückung verschiedene Böden übereinander an, die durch Treppen verbunden sind. Gewöhnlich läfst man an dieser Stelle die Brücke etwas weiter in den Hafen vortreten, wodurch theils gröfsere Tiefe, theils aber auch der für die Treppen-Anlage nöthige Raum gewonnen wird. Zuweilen werden indessen die Treppen auch in das Innere des vorstehend beschriebenen Ueberbaues verlegt. Die Anordnung, wie man sie in den Französischen Häfen gewöhnlich sieht, ist Fig. 156 dargestellt. Es sind dabei zwei Treppen angenommen. In solchen Häfen, wo der Fluthwechsel sehr grofs ist, findet man auch drei Treppen unter einander. Die unterste pflegt alsdann nur zum Besteigen kleiner Böte benutzt zu werden, wenn die Abfahrt oder Ankunft zur Zeit eines besonders niedrigen Wasserstandes erfolgt, wobei das Dampfboot in dem Hafen nicht die nöthige Wassertiefe findet. Grofse Bequemlichkeit pflegen diese Treppen niemals zu bieten. Da sie nur vorübergehend über das Wasser treten, so sind sie immer stark mit Schlamm bedeckt, und die Reisenden müssen sich sehr vorsichtig darauf bewegen.

*) Occasional Papers by Michael Scott. London 1874. Vol. I.

Digitized by Google

Viel passender, wenn auch viel kostbarer ist die Einrichtung von Elevatoren, die durch Wasserdruck bewegt werden. Ein geräumiger horizontaler Bohlenboden, auf welchen die Reisenden treten, und auf den auch das Gepäck derselben gebracht wird, senkt sich bis zur jedesmaligen Höhe des Decks des Dampfboots, und wird demnächst wieder bis zur Dammkrone gehoben. Dieses geschah bereits vor vielen Jahren in Great-Grimsby, wo überhaupt der Wasserdruck die vielfachste Verwendung gefunden hat.

Es dürfte hier die passendste Stelle sein, der Gordungswände zu erwähnen, die in mehreren unserer Häfen vorkommen. Der Zweck derselben stimmt nahe mit dem der beschriebenen Ueberbrückungen überein. Sie dienen vorzugsweise, um das Auftreiben der Schiffe auf die Steinböschungen zu verhindern, und stehn daher vor dem Fufs derselben. Aufserdem tragen sie auch jedesmal eine leichte Laufbrücke, und zwar liegt diese auf der der Mole zugekehrten Seite der Gordung, damit sie weder das Fahrwasser beschränkt, noch auch dem Gegenstofsen der Schiffe ausgesetzt ist.

In kleineren Häfen, welche gröfsern Schiffen nicht zugänglich sind, besteht die Gordungswand nur aus einer einfachen Reihe von Pfählen, die durch einen Holm, oder noch besser durch einen seitwärts mittelst Schraubenbolzen daran befestigten Balken mit einander verbunden sind. Der gegenseitige Abstand der Pfähle mifst 6 bis 8 Fufs. An jene Holme oder Balken sind behufs der Laufbrücke starke Latten befestigt, die noch durch Streben oder Bänder gegen die Pfähle gestützt werden, und hierauf liegen zwei Bohlen, welche die Brücke bilden. Letztere wird vorzugsweise von den Schiffsziehern benutzt.

Beschädigungen an diesen Gordungswänden kommen häufig vor, und sind bei ihrer leichten Zusammensetzung auch unvermeidlich. Wenn ein Schiff bei hoher See einkommt, wird es bei der geringen Breite dieser Häfen oft durch eine Welle gegen die Wand geworfen, und es pflegen alsdann mehrere Pfähle abzubrechen. Wenn die Wand sich aber nur zur Seite der Mole hinzieht und nicht vor den Kopf derselben vortritt, indem sie die Steinböschung umschliefst, so geschieht es wohl, dafs Schiffe, die bei heftigem Wellenschlage einsegeln, zwischen die Wand

Digitized by Google

und die Mole geworfen, und beim Aufstofsen auf die Steinböschung stark beschädigt werden.

Im Hafen Neufahrwasser sind die Gordungswände fester construirt. Sie bestehn, wie Fig. 157 zeigt, aus zwei Pfahlreihen, von denen die landseitige schräge eingerammt ist, und sonach zur Verstrebung dient. Zwischen den Pfahlköpfen liegt ein starker Balken und auswärts noch ein Halbholz. Ein durchgehender Bolzen verbindet diese beiden Stücke mit den beiden Pfählen. Ein dritter Balken ist auf der äufsern Seite etwas tiefer angebracht. Zwischen diesen Langhölzern greift neben jedem Pfahljoch ein Halbholz hindurch, das auf der Landseite durch eine Strebe, sowie auch auf dem inuern Pfahl durch eine Knagge unterstützt wird. Die Halbhölzer treten $5^1/_2$ Fufs vor die innern Pfähle vor und tragen 5 Bohlen, welche die Laufbrücke bilden, sowie auch an jeder Seite ein Kreuzholz, welches den Rand der Brücke markirt und den Schiffsziehern zur Stütze dient, wenn das Schiff vom Winde stark seitwärts getrieben wird. Die Entfernung dieser Joche von einander mifst 8 Fufs.

§ 60.

Hafendämme, aus Mauern bestehend.

Der Hafendamm, der aus einer Mauer besteht, hat jedesmal vertikale oder doch wenigstens sehr steile Seitenwände, und wenn er bis zu grofser Tiefe herabreicht, so wird er nur von den frei schwingenden Wellen getroffen, in denen die Wassermasse noch nicht die horizontale Geschwindigkeit der Welle angenommen hat. Er ist sonach vergleichungsweise gegen dossirte Dämme nur mäfsigen Angriffen ausgesetzt. Dazu kommt, dafs er keine losen Theile enthält, welche bei heftigem Seegange in Bewegung gesetzt und in den Hafen getrieben werden könnten. Aufserdem besitzt er noch den wesentlichen Vorzug, dafs die Schiffe in seine unmittelbare Nähe kommen und an ihn anlegen können, besonders wichtig ist aber dieser Umstand für die Hafenköpfe. Der Mündung giebt man nämlich meist eine möglichst geringe Breite, um den Wellenschlag im Hafen zu mäfsigen, falls aber die Köpfe flach abfallen, so mufs ihr gegenseitiger Abstand um

Digitized by Google

soviel vergröfsert werden, als die Böschungen vor denselben den Uebergang der Schiffe verhindern. Dabei ist auch für genaue Bezeichnung der beiderseitigen Grenzen zu sorgen, zwischen welchen die Schiffe ohne Gefahr sich bewegen dürfen.

Die aus grofser Tiefe steil ansteigenden Hafendämme und Köpfe sind sonach in allen Beziehungen den mit Dossirungen versehenen vorzuziehn, ihre Ausführung bietet aber grofse Schwierigkeiten, wenn man nicht die bereits beschriebene Bauart mit der übermauerten Steinschüttung zwischen Pfahlwänden wählt. Doch auch diese ist, wie erwähnt, nur unter besondern Umständen zulässig.

Soll die Mauer unter Wasser aufgeführt werden, so entsteht die Frage, in welcher Weise dies geschehn kann. In früherer Zeit, wo die Taucher-Apparate wenig ausgebildet und üblich waren, blieb dieses ganz unthunlich, indem an offener See keine sichern Fangedämme sich darstellen lassen. Ein älteres Beispiel solcher unter Wasser bleibenden Mauern giebt es freilich, das sich jedoch nur auf sehr mäfsige Tiefe bezog. Dieses sind die Hafendämme von Ramsgate, die in Caissons oder schwimmenden Holzkasten (Theil I, § 49) aufgemauert wurden, wie bereits § 38 erwähnt ist.

Wenn der Hafen nicht am offnen Meer, sondern an einer geschützten Bucht liegt, und die aus der See einlaufenden Wellen die Baustelle nicht direct treffen, so läfst sich freilich ein Fangedamm zur Umschliefsung derselben bilden, wie dieses beim Bau von Wilhelmshaven im Busen der Jade geschehn ist, obwohl auch hier die Sicherstellung des Fangedamms schwierig war und dennoch mehrfache Beschädigungen eintraten.

Nicht selten hat man Hafendämme auf Pfahlroste gestellt, die in der Höhe des gewöhnlichen Niedrigwassers lagen. Das Mauerwerk beginnt also erst in dieser Höhe und wenn der Meeresgrund tiefer liegt, so mufs für Ausfüllung des Raums zwischen demselben und dem Rost gesorgt werden. Dieses geschieht wohl jedesmal durch Steinschüttung. Ein solches Verfahren wurde gewählt, als man im vorigen Jahrhundert die Bai von St. Jean de Luz zu schliefsen versuchte, und eben so vor etwa 40 Jahren bei den Dämmen, welche die Mündung des Adour bei Bayonne reguliren sollten. Auch bei Verlängerung des Hafendamms vor

Digitized by Google

Sunderland ist dasselbe Verfahren gewählt worden. Es leuchtet ein, dafs alsdann der Hafendamm nicht aus der Tiefe steil ansteigt, vielmehr eine flache Böschung darunter und zwar bis zum Horizont des Niedrigwassers sich bildet. Ein wesentlicher Vorzug der steilen Dämme ist also verschwunden, und es entsteht die Frage, ob der Pfahlrost in solchem Fall überhaupt noch nöthig ist, und ob es nicht eben so zweckmäfsig wäre, das Mauerwerk in dieser Höhe unmittelbar auf die Steinschüttung zu stellen. Sollte der Pfahlrost gewählt werden, weil man besorgt, die Schüttung könnte sich noch senken, so dürfte dieser Grund wohl gerade für die Fortlassung des Pfahlrostes sprechen, weil unbedingt eine Senkung des Damms verbunden mit manchen Brüchen in demselben weniger bedenklich ist, als ein offner Raum unter dem Rost, der von der See bis zum Hafen durch den Damm hindurchreicht. Wenn solcher sich bildet, so werden bei den starken Strömungen, veranlafst durch den äufsern Wellenschlag, die Steine der Schüttung in Bewegung gesetzt und schliefslich in den Hafen geworfen, während die freistehenden Pfähle unter dem starken Druck und bei den heftigen Erschütterungen sich seitwärts neigen oder abbrechen können. Dazu kommt noch, dafs durch solche Oeffnungen die Wellenbewegung im Hafen unter Umständen verstärkt und zugleich Sand hineingetrieben wird, während zu andren Zeiten hier Ausströmung eintritt und dadurch die Offenerhaltung des Fahrwassers leidet. Diese Auffassung scheint gegenwärtig allgemein Eingang gefunden zu haben, indem man bei neuern gröfsern Bauten dieser Art die Mauer unmittelbar auf die Steinschüttung stellt.

Es mögen zunächst diejenigen Mauern behandelt werden, welche auf dem Meeresgrund selbst stehn. Nachdem in neuerer Zeit die Taucher-Apparate, die im zweiten Theil § 54 bis 56 beschrieben sind, so wesentliche Verbesserungen erfahren haben, dafs keine besondere Uebung und Geschicklichkeit zu ihrer Benutzung erforderlich ist, und jeder gesunde und kräftige Mann leicht dazu angelernt werden kann, so läfst sich das regelmäfsige Versetzen der Steine noch etwa bei zwei Atmosphären Ueberdruck, also in der Tiefe von mehr als 60 Fufs sicher ausführen. Die Arbeit ist indessen nicht nur sehr zeitraubend, da sie nur bei ruhiger und klarer See, und nur mit Anstellung von

Digitized by Google

wenigen Tauchern vorgenommen werden kann, sondern sie wird auch sehr kostbar. Aufserdem mufs dabei von der Benutzung des Mörtels abgesehn werden, da dieser im Wasser sich so verdünnt, dafs er kaum noch verwandt werden darf, weil beim Auswaschen des Cements keine genügende Erhärtung eintritt.

Aus diesem Grunde werden nicht etwa Ziegel oder kleine Bruchsteine vermauert, sondern es müssen bearbeitete Werkstücke in passendem Verbande und möglichst schliefsend neben und über einander versetzt werden. Dieselben sind aber nach Ausebnung des Bodens mittelst Rollkrahnen an den passenden Stellen herabzulassen und der Taucher mufs zusehn, ob sie richtig stehn, und wenn dieses nicht der Fall ist, das Zeichen geben, dafs sie wieder gehoben und soweit es nöthig ist, die Hebe-Vorrichtungen verstellt werden. Liegt das Werkstück an seiner Stelle, so mufs er die um den Stein geschlungene Kette, die in einer Rinne liegt, oder die sonstige Vorrichtung, womit der Stein gefafst war, lösen.

Sobald man die untere Schicht versetzt hat, ist das Aufbringen der folgenden insofern etwas erleichtert, als man nunmehr eine horizontale und feste Grundlage gewonnen hat. Eine solche für die erste Schicht darzustellen, bietet zuweilen sehr grofse Schwierigkeiten.

Besteht der Grund aus gewachsenem Felsen, so bleibt nur übrig, denselben zu ebnen und wenn es nöthig ist, auch soweit abzuarbeiten, dafs der daselbst zu versetzende Stein in seiner obern Fläche an den vorhergehenden sich gehörig anschliefst. Sobald man aber beim weitern Vortreten des Baues eine gröfsere Tiefe erreicht, mufs eine neue Steinschicht beginnen, und für diese der Boden in gröfserer Tiefe geebnet werden.

Wenn dagegen der Meeresboden mit Kies, Sand u. dgl. überdeckt ist, so ist es nothwendig, zu untersuchen, ob nach Ausführung des Damms eine Unterspülung desselben zu besorgen sei, indem daneben eine tiefe Rinne sich oft bildet. Man darf zwar nicht erwarten, dafs der Wellenschlag solche veranlassen wird, wohl aber kann die Umgestaltung des Grundes leicht durch gewisse Strömungen, wenn auch nur vorübergehend, erfolgen. Indem der Hafendamm seiner Lage nach ein Einbau in die See ist, so wirkt er im Allgemeinen auch als solcher, oder drängt

Digitized by Google

die gröfsere Tiefe vom Ufer zurück. Er veranlafst also Verlandungen. Anders wirkt jedoch sein Kopf, neben dem leicht eine gröfsere Tiefe sich darstellt, als bisher bestand, indem die Strömung hier concentrirt wird. Besonders aber ist dieses zu besorgen, wenn ein Flufs oder Strom durch den Hafen fliefst, und man die Mündung verengt, um das Fahrwasser davor möglichst zu vertiefen. Das gewöhnliche Mittel, die Unterspülung zu verhindern, nämlich das Vorschütten von grofsen Steinen, kann oft in der Mündung nicht zur Anwendung kommen, weil dadurch die Schiffahrt gefährdet würde. Man darf sich hierzu nur entschliefsen, wenn die Tiefe so grofs ist, dafs die gröfsten hier einkommenden Schiffe selbst bei stark bewegter See die Schüttung noch nicht berühren. In solchem Fall wird man aber die Mauer nicht auf den Meeresgrund stellen, vielmehr auf eine Steinschüttung, deren Ausebenung wesentlich leichter ist.

Zuweilen findet man in angemefsner Tiefe schon Kiesel von einigen Zollen im Durchmesser, die sich leicht ausheben lassen, ohne bei mäfsiger Bewegung des Wassers in die dargestellten Vertiefungen wieder herabzurollen. Sehr grofs werden dagegen die Schwierigkeiten im Sandboden, der doch am häufigsten vorkommt. Man kann denselben zwar sehr leicht, selbst durch Baggermaschinen ausheben, in ruhigem Wasser sogar durch solche hinreichend ausebenen, sobald aber einige Bewegung eintritt, so wird die Regelmäfsigkeit der dargestellten Oberfläche schnell aufgehoben und die darauf versetzten Quadern bilden nicht mehr eine horizontale und ebene Schicht. Wenn man in solchen Fällen auch keine besondere Schärfe verlangt und mäfsige Unregelmäfsigkeiten unbeachtet läfst, so fragt es sich doch, ob es kein Mittel giebt, diesen zu begegnen. Eine vollständige Umschliefsung der Baugrube, wenn auch nur durch nahe neben einander eingerammte Rundpfähle, würde zwar von wesentlichem Nutzen sein, doch ist auch solche schon sehr theuer. Einfacher ist es, den Untergrund, auf dem die Mauer ruht, in eine Steinschüttung zu verwandeln, indem man einzelne Vertiefungen bildet, die mehrere Fufs unter die beabsichtigte Sohle herabreichen, und diese alsdann mit kleineren Steinen ausfüllt. Wenn ein solches Verfahren vielfach nicht nur unter der Mauer, sondern auch rings um dieselbe wiederholt wird, so dürfte dadurch der Grund sich

Digitized by Google

so befestigen lassen, dafs die Ausebenung desselben einigen Bestand hat und bis zum Versetzen der Steine sich erhält. Im Innern der Häfen, wo das Wasser theils ruhiger, theils auch meist klarer ist, wo sich selbst genauere Untersuchungen anstellen lassen, bietet sich noch Gelegenheit, die Unregelmäfsigkeit der untern Steinschicht durch passende Form und Stärke der darüber zu versetzenden Werkstücke auszugleichen, wie später in dem Abschnitt über den innern Hafen mitgetheilt werden wird.

Man giebt den Werkstücken, welche für Mauern unter Wasser verwendet werden, möglichst grofse Dimensionen, um dadurch ihre Anzahl zu vermindern und um sonach das mühsame Versetzen derselben nicht gar zu oft wiederholen zu dürfen. Die Verwendung solcher Blöcke, die aus natürlichen Steinen bearbeitet sind, verbietet sich aber meist, weil sie zu theuer werden, man benutzt daher, wenn nicht ausschliefslich, doch wenigstens zum Füllen des innern Raums künstliche Blöcke, die aus Béton geformt sind. Die Fabrikation derselben wird später ausführlich beschrieben werden, hier ist nur zu erwähnen, dafs man vielfach in Betreff ihrer Festigkeit und Haltbarkeit zweifelhaft ist, und aus diesem Grunde sie in den äufsern Flächen nicht verwenden mag, wie beispielsweise bei dem grofsen Hafendamm oder dem Admiralitäts-Pier bei Dover geschehn ist. In neuerer Zeit scheint man jedoch von dieser Besorgnifs zurückgekommen zu sein und sich überzeugt zu haben, dafs der Béton bei passenden Mischungs-Verhältnissen und bei sorgfältiger Bearbeitung in keiner Beziehung einem guten Sandstein nachsteht, woher er auch zur Verkleidung solcher Mauern durchaus geeignet ist. Unbedingt giebt seine Verwendung zu wesentlichen Ersparungen sowol in der Bearbeitung, wie im Transport Veranlassung, da erstere ganz umgangen wird, wenn man passende Formkasten gewählt hat, und letztere sich wesentlich vermindert, wenn man die Blöcke möglichst nahe an der Baustelle formt. Der Cement mufs freilich beigeschafft werden, den Sand entnimmt man aber meist vom Seestrande, und der Zusatz der kleinen Steine läfst sich, wenn diese gar zu theuer sein sollten, auch umgehn, wenn man groben Sand unter Verwendung einer entsprechend gröfsern Masse Cement benutzt.

Digitized by Google

Sobald die obere Schicht dieser Werkstücke oder Bétonblöcke den Wasserspiegel, wenn auch nur des niedrigen Wassers, ereicht, wird dieselbe in vollen Mörtelfugen, und zwar gewöhnlich mit Bruchsteinen übermauert. Zuweilen behält man die Verblendung mit Werkstücken aber noch bei, oder verwendet sie auch noch im Innern, während man andrerseits bei grofser Breite der Mauer den mittlern Raum mit verlängertem Mörtel oder mit möglichst wohlfeilem Béton ausfüllt. In allen Fällen stellt man aber auf die Hafenmauer und zwar neben den seeseitigen Rand derselben noch eine Brustmauer, in deren Schutz man den Damm, selbst bei stärkerem Wellenschlag, begehn kann.

Die Mauer, welche den Hafendamm bildet, und eben so auch die darauf stehende Brustmauer müssen jedenfalls so fest sein, dafs weder einzelne Steine oder gröfsere Theile sich ablösen und herausgerissen, noch auch die Mauern umgeworfen werden können. Die erste Bedingung wird erfüllt, wenn gutes Material und namentlich ein Mörtel zur Verwendung kommt, der vollständig erhärtet, zugleich aber auch die Maurerarbeit untadelhaft ausgeführt ist. In Betreff der zweiten Forderung mufs man die Kräfte näher betrachten, welche den Umsturz der Mauer veranlassen könnten, während das Verschieben derselben wohl unter allen Umständen sich verbietet. Der hydrostatische Druck, den die Wellen veranlassen, verschwindet gegen den Stofs, den sie ausüben. Man pflegt aber auch diesen durch den Druck zu bemessen, den er ausübt, wie bereits § 6 mitgetheilt, doch ist es keineswegs erforderlich, die äufsersten Werthe dieses Drucks, wie ihn vielleicht einzelne Messungen ergaben, der Berechnung der Stabilität einer Mauer zum Grunde zu legen, weil der stärkste Stofs sich immer nur auf einzelne kleine Stellen beschränkt, also die Mauer niemals in ihrer ganzen Ausdehnung gleichzeitig davon getroffen wird. So würde die Mauer auf dem Cherbourger Hafendamm schon umstürzen, wenn sie in ihrer ganzen äufsern Seitenfläche einem Druck von 800 Pfund auf den Quadratfufs ausgesetzt wäre, und dennoch hat sie den Wellen sicher widerstanden, die nach Stevenson's Messungen an den Küsten des Atlantischen Oceans Pressungen von 2000 und selbst 3000 Pfund auf den Quadratfufs ausüben. Für die Mauern in unsern Ostsee-Häfen wurde der Druck von 600 Pfund den Rechnungen zum

Digitized by Google

Grunde gelegt, und in allen Fällen hat dieses nach den bisherigen Erfahrungen vollständig genügt.

Ganz unbeschädigt pflegen solche Mauern freilich nicht zu bleiben, besonders wenn sie auf Steinschüttungen und namentlich über Faschinen-Packungen stehn. Ein verschiedenartiges Setzen ist alsdann unvermeidlich, und dabei zerbrechen die Mauern, wie die Risse zeigen, welche man an beiden Seiten von oben bis unten bemerken kann. Besonders sieht man solche sehr auffallend an der auf dem Wellenbrecher bei Cherbourg stehenden Mauer, wo die Fugen stellenweise bis $^3/_4$ Zoll weit sind. Man hat indessen in Bezug auf dieselben keine Besorgnifs, da sie weiter abwärts sich verengen, und die Reibung zwischen den sie begrenzenden Mauertheilen ein merkliches Verschieben verhindert. Die Risse in den Brustmauern unserer Hafendämme sind überall viel geringer und äufsersten Falls nur 1 Linie weit. Nichts desto weniger werden sie sorgfältig beobachtet und scheinen nur unmittelbar nach der Uebermaurung der alten Senkstückdämme entstanden zu sein, während später keine Erweiterung wahrgenommen ist.

Die Brustmauern werden gewöhnlich an beiden Seiten mit lothrechten Wänden versehn und wenn sie sich, wie meist geschieht, an die etwas geneigte äufsere Seitenfläche der Hafenmauer anschliefsen, so bildet eine cylindrische Fläche den Uebergang. Es geschieht auch, dafs man die Brustmauer durch Ueberkragung oder durch Anbringung von vortretenden Gesimsen seewärts weiter vortreten läfst. Dabei liegt die Absicht zum Grunde, die bei heftigem Wellenschlage hoch aufspritzende Wassermasse, wie bereits § 54 erwähnt ist, nicht auf die Mauer, sondern rückwärts in die See fallen zu lassen. Dieser Erfolg wird aber bei heftigem Sturm wohl niemals erreicht, da der Wind das aufsteigende Wasser fafst und es hafenwärts, also wieder auf den Damm treibt. Das herabstürzende Wasser beschädigt aber nicht nur die Krone, sondern es macht auch das Betreten derselben in solchem Fall unmöglich, und hieraus entspringt der grofse Uebelstand, der bei Swinemünde mehrfach sich als höchst gefahrdrohend herausgestellt hat, dafs die Verbindung mit dem auf der Spitze des Damms stehenden Leuchtthurm tagelang vollständig unterbrochen wurde. Es drängt sich dabei die Frage auf, ob der

Digitized by Google

beabsichtigte Zweck nicht durch ein entgegengesetztes Verfahren sicherer zu erreichen wäre, wenn man nämlich die steile Fläche, an welcher die Welle sich bricht, also die Wand der Brustmauer nicht in die Verticale führte, ihr vielmehr einige Neigung liefse. Das aufsteigende Wasser würde alsdann sowohl durch Beibehaltung der ihm mitgetheilten Bewegung, als auch durch den Sturm so weit hafenwärts getrieben werden, dafs man unter demselben unmittelbar neben der Brustmauer von der herabstürzenden Masse nicht getroffen würde.

In der bereits vollständig ausgeführten Mauer trifft die oberste Schicht derselben wegen der grofsen Höhe über dem Wasser nur noch ein mäfsiger Stofs der Wellen. Anders verhält es sich während des Baues mit der jedesmaligen letzten Schicht, die einem stärkern Stofs ausgesetzt ist, und nicht durch den Druck eines darüber liegenden Steins gehalten wird. Um in dieser Beziehung eine gröfsere Sicherheit zu erreichen, hat man mehrfach die Steine, welche die seeseitige Umschliefsung bilden, nicht in flachen Schichten, also auf ihren breiten Seiten liegend, aufgebracht, vielmehr dieselben auf den Kopf gestellt. Auch sind schräge Schichten in Anwendung gekommen, wovon im Folgenden Beispiele mitgetheilt werden sollen. Endlich wäre aber noch zu erwähnen, dafs man immer vorsichtig sein mufs, die seeseitige Fläche der Mauer möglichst eben zu halten, weil der von unten nach oben gerichtete Druck der Welle zur Seite einer steilen Wand übermäfsig stark ist und einen daraus vortretenden Stein leicht aufhebt.

Nach dieser allgemeinen Darstellung der Erfordernisse der gemauerten Hafendämme mögen einige derselben näher beschrieben werden, die unmittelbar auf dem Meeresgrund stehn.

Fig. 158 zeigt einen Querschnitt durch den westlichen Hafendamm von Whitehaven. Dieser Ort liegt auf der Westküste von England, am Irischen Canal der Insel Man gegenüber. Der Fluthwechsel beträgt daselbst bei gewöhnlichen Springfluthen 24 Fufs, der Wellenschlag ist sehr stark, doch hat der Hafendamm die grofse Breite wohl nur erhalten, damit er zugleich als Kai benutzt werden kann. Er bildet die äufsere Umschliefsung des Vorhafens und wurde 1836 beendigt, während hier schon früher mehrere Piers weiter landwärts bestanden. Der Boden besteht

Digitized by Google

in einer Sandablagerung, in der man wegen der heftigen Fluthströmung Ausspülungen besorgte, woher ein roher Steinwurf vor der äufsern Seite des Hafendamms angebracht ist. Die Fundirung reicht nicht tief unter das niedrigste Wasser herab, wahrscheinlich wurden bei dem Bau leichte Fangdämme benutzt. Beide äufsere Mauern, die den Hafendamm einschliefsen, sind aus dem festen Sandstein, der in der Nähe bricht, und zwar mit vollen Mörtelfugen ausgeführt. Der Mörtel wurde mit Italienischer Puzzolane versetzt, damit er schnell binde und unter Wasser erhärte. Beide Mauern stellen an ihren äufsern Seiten cylindrische Flächen dar. Die äufsere ruht auf einem Fundament von 22 Fufs Breite. Letzteres trägt zugleich Strebepfeiler, die 15 Fufs von einander entfernt sind, und deren Breite die Figur durch die punktirten Linien bezeichnet. Die einzelnen Schichten der Mauern entsprechen ungefähr der Richtung der Radien der äufsern Fläche. Der Zwischenraum ist mit rohen Sandsteinen sorgfältig ausgepackt. Das 60 Fufs breite Kai ist abgepflastert. Die Brustmauer verbreitet sich in ihrem obern Theil und ist übergekragt, um das aufspritzende Wasser nach der Seeseite zurückzuwerfen. Ihre Breite mifst in den Deckplatten 12 Fufs, und darauf sind zu beiden Seiten eiserne Geländer angebracht, damit man bequem und sicher auch hier gehn kann.

In Fig. 159 ist der Querschnitt durch den Pier bei Kilrush an der Mündung des Shannon auf der Westseite von Irland dargestellt. Dieser Bau wurde etwa 1840 von Harry D. Jones ausgeführt und ist einem sehr heftigen Wellenschlag ausgesetzt. Man hatte ursprünglich seewärts eine flache Steinböschung projectirt, die aber nach den inzwischen gesammelten Erfahrungen fortgelassen und in eine nahe senkrechte Mauer verwandelt wurde. Die Kosten der Anlage ermäfsigten sich durch diese Aenderung wesentlich. Der Meeresboden besteht aus Sand. Sowohl die innere, wie die äufsere Mauer ist aus Quadern ohne Anwendung von Mörtel ausgeführt. Die untere Schicht wurde nur flach auf den Boden gelegt, indem aber hier einige Senkungen eintraten, so glich man diese in den folgenden Schichten aus. Bis zum niedrigsten Wasser wurden die Blöcke in der Taucherglocke versetzt. Das Niedrig-Wasser, wie das Hochwasser bei gewöhnlichen Springfluthen sind in dieser Figur und allen übrigen

Digitized by Google

auf Taf. XXXIV angegeben. Besondere Vorkehrungen, um Unterspülung zu verhindern, waren nach der der Commission vorgelegten Zeichnung nicht getroffen.

Der wichtigste Bau dieser Art ist ohne Zweifel der sogenannte Admiralitäts-Pier bei Dover, dessen Zweck und Wirksamkeit § 48 bereits ausführlich mitgetheilt ist. Es bleibt nur übrig, seine Dimensionen und das Verfahren bei seiner Erbauung zu bezeichnen. Fig. 160 zeigt das Querprofil. Wenn dieser Damm in der Kronenbreite auch den beiden bereits erwähnten nachsteht, so zeichnet er sich doch vor allen ähnlichen durch seine grofse Höhe aus, indem er bis zur Tiefe von 40 Fufs und in seinem äufsern Ende sogar noch weiter unter das niedrigste Wasser herabreicht. Unter ihm befindet sich keine Steinschüttung, er steht vielmehr unmittelbar auf dem gewachsenen Kreidefelsen, der unter der ganzen Breite des Canals bis zur gegenüberliegenden Französischen Küste sich hinzieht, und hier wieder zu Tage tritt. Bei Dover ist derselbe nur in der Nähe des Ufers mit den ausgewaschnen Feuersteinen überdeckt.

Nachdem über die Constructions-Art sehr verschiedene Ansichten geltend gemacht waren, ist der Bau in der Art ausgeführt, wie Rendel vorschlug, nämlich aus grofsen parallelepipedischen Blöcken, die unter Wasser mittelst der Taucherglocke im Verbande, jedoch ohne Anwendung von Mörtel über einander gelegt wurden. Dabei ist nur insofern von dem ersten Vorschlage abgewichen, dafs diese Blöcke nicht aus Ziegeln aufgemauert, sondern grofsentheils aus Béton geformt sind. Die äufsern Blöcke, welche unmittelbar der Berührung des Seewassers ausgesetzt sind, bestehn aus festem Granit. Wenn dieser aus der Tiefe steil ansteigende Hafendamm sich auch unbedingt vor den meisten ähnlichen Anlagen dadurch auszeichnet, dafs wesentliche Beschädigungen an demselben nahe undenkbar sind, aufserdem aber die grofse Wassertiefe daneben das unmittelbare Anlegen selbst von Linienschiffen, und zwar auf beiden Seiten gestattet, so sprechen sich dennoch alle Stimmen dahin aus, dafs man nur durch die eigenthümlichen localen Verhältnisse zu dieser Anordnung gezwungen war. Man findet nämlich kein brauchbares Material in der Nähe, das man zur Steinschüttung hätte benutzen können. Wäre solches aber aus weiter Ferne entweder auf Eisenbahnen

Digitized by Google

oder auf Schiffen herbeigeführt worden, so würde der Bau noch theurer geworden sein, als bei der gewählten Constructions-Art, und aufserdem würde die Zeit der Ausführung sich auch nicht abgekürzt haben. Für die Bauten bei Holyhead und Portland, wo brauchbares Material sich in der Nähe vorfindet, wählte daher Rendel die Steinschüttung zur Unterlage und liefs die senkrechten Mauern nur bis zum niedrigsten Wasser herabreichen, wie dieses auch in Cherbourg geschehn war.

Die Ausführung des Hafendamms bei Dover begann James Walker im October 1847. Ueber den ziemlich langsamen Fortgang des Baues, die alsdann erfolgte vollständige Unterbrechung desselben und die vor wenig Jahren beschlossene Vollendung ist in § 48 schon Mittheilung gemacht. Fig. 119 auf Taf. XXI zeigt in den scharf ausgezogenen Linien die Ausdehnung desselben, als man von seiner Weiterführung Abstand nahm. Der Damm ist in der Krone 45 Fufs Englisch ($43\frac{1}{2}$ Rheinländische Fufs) breit. Seine beiden Seitenwände sind im Verhältnifs von 1 zu 4 gegen das Loth geneigt, doch bilden sie nicht Ebenen, vielmehr findet in jeder Lage ein stufenförmiger Absatz statt. Von der angegebenen Breite der Krone nimmt der Fahrweg, auf dem zwei Eisenbahn-Stränge liegen, 30 Fufs ein. Dieser Weg befindet sich auf der östlichen Seite, ist also dem stärksten Wellenschlag nicht ausgesetzt, und hat nach derselben Seite oder nach dem Vorhafen eine schwache Neigung. Er liegt durchschnittlich 5 Fufs über den höchsten Springfluthen. Auf der westlichen Seite befindet sich eine 15 Fufs breite und 10 Fufs hohe Brustmauer, die sich 15 Fufs 3 Zoll über die höchsten Fluthen erhebt und auswärts etwas übergekragt ist, um das Wasser der anschlagenden Wellen nach der See zurückzuwerfen. Sie bildet einen 10 Fufs breiten Fufsweg, der auf der östlichen Seite durch ein eisernes Geländer und auf der westlichen noch durch eine zweite niedrige Brustmauer begrenzt ist.

Nachdem ein Theil des Baues ausgeführt war, stellte sich das Bedürfnifs heraus, auf dem Damm selbst, auf dem die Personenwagen bis zu den Anlegestellen der Dampfschiffe fahren, den Reisenden einigen Schutz gegen Regen und gegen das überspritzende Wasser zu bieten. Die Stärke der Haupt-Brustmauer wurde daher bis auf 4 Fufs vermindert und an sie schlofs sich

Digitized by Google

auf eisernen Säulen ruhend und mit eiserner Ueberdachung ein verdeckter Gang an. Bei dem starken Südweststurm Ende 1876 wurde diese Brustmauer aber mit den Eisen-Constructionen umgeworfen und man kehrte daher wieder nahe zu der ursprünglichen Anordnung zurück, doch trat dabei in sofern eine Aenderung ein, als statt der starken Ueberkragung der Mauer an der westlichen Seite nur ein wenig vortretendes Glied angebracht, auch die Stärke der Brustmauer auf 9 Fuſs beschränkt wurde.

Der ganze Körper des Damms besteht aus grofsen Blöcken, die durchschnittlich etwa 6 Fuſs lang, 4 Fuſs breit und 3 Fuſs hoch sind. Ihre Länge und Breite ist aber verschieden, damit sie, in gehörigem Verbande versetzt, jedesmal die ganze Breite der Schicht füllen. Die äuſsere Fläche besteht aus festen natürlichen Steinen. Anfangs verwendete man dazu auch Sandsteine, doch wurden später nur die sehr festen Granite benutzt, die auf den Inseln im Canal brechen. Der innere Kern ist dagegen aus Béton-Blöcken von denselben Dimensionen aufgeführt, so daſs Schichten von gleicher Höhe sich horizontal durch die ganze Breite des Damms hindurch fortsetzen. Zum Béton verwendete man Portland-Cement. Einem Theile desselben wurden $3\frac{1}{2}$ Theile Sand zugesetzt, und nachdem unter Zuthun von möglichst wenig Wasser hieraus ein steifer Mörtel gebildet war, fügte man noch $3\frac{1}{2}$ Theile Kies hinzu. Diese Masse wurde in hölzerne Formen gefüllt. Nach 24 Stunden waren die Blöcke schon so erhärtet, daſs man die Formen abnehmen konnte, und nachdem sie 8 bis 14 Tage an der Luft gelegen hatten, sollen sie schon so fest geworden sein, daſs sie sich aufheben und versetzen liessen. Das letzte geschah indessen, wie die grossen Vorräthe fertiger Blöcke zeigten, wohl erst mehrere Monate später.

Das Versenken geschah mittelst sehr weiter Taucherglocken, die so geräumig waren, daſs ein Block darin hängen konnte und aufserdem noch vier Arbeiter Platz fanden. Die Glocken hingen an Rollkrahnen, so daſs sie vor und zurück, und aufserdem auch seitwärts sich bewegen liessen. Die Rüstungen mit den Bahnen für die Rollkrahne erstreckten sich weit vor den über Wasser tretenden Theil des Damms. Sie trugen aber in der Nähe des letztern noch andere Eisenbahnen in der Höhe des anschliefsenden Fahrweges, so daſs die Blöcke auf den letztern

Digitized by Google

bis unter die hoch aufgezogenen Glocken gebracht werden konnten. Die Rüstungen bestanden aus Jochen, die etwa 30 Fuſs von einander entfernt waren, und jedes derselben enthielt drei Pfähle, die man durch verzahnte Träger, so wie auch durch Zangen verbunden hatte. Die Pfähle waren aber, wie man bei niedrigem Wasser bemerken konnte, oft aus zwei Stücken zusammengesetzt und durch Laschen verbunden. Sie hatten überdieſs in dem Kreideboden an sich keinen festen Stand, und waren durch zahlreiche starke Drähte gehalten, die seitwärts und vor dem Kopfe in schwere Anker eingreifen. Von einem Holm zum andern waren wieder gezahnte Träger gestreckt, welche die Bahnen der Rollkrahne trugen. Die letztern wurden aber beim jedesmaligen Aufnehmen eines Steins bis über die untern Eisenbahnen zurückgeschoben.

Die Arbeit begann damit, daſs an der Stelle, wo ein Stein der untern Schicht versetzt werden sollte, die Arbeiter in der Taucherglocke den Grund reinigten und ihn soweit horizontal abarbeiteten, daſs der darauf zu legende Block sich den bereits versetzten anschloſs, und entweder mit diesen in gleicher Höhe, oder um eine volle Steindicke tiefer lag. Durchschnittlich wurden mit jeder Glocke an einem Tage zwei Steine versetzt, und gemeinhin sah man drei Glocken in Thätigkeit.

Die Krone des Piers, oder der Fahrweg auf demselben liegt, wie erwähnt, 5 Fuſs über den höchsten Fluthen oder 10 Fuſs über den gewöhnlichen Springfluthen. Der Fluthwechsel zur Zeit der gewöhnlichen Springfluthen beträgt bei Dover 18 Fuſs 3 Zoll, und der Wasserstand sinkt zuweilen noch einige Fuſs unter dieses Niedrigwasser herab. Die Packetböte, welche in bestimmten Tagesstunden, also ganz unabhängig von Fluth und Ebbe an den Pier anlegen, schwimmen demnach nur in den seltensten Fällen in solcher Höhe, daſs die Passagiere noch bequem unmittelbar auf den Damm treten können, meist liegen sie viel niedriger, und zuweilen sogar gegen 30 Fuſs tiefer. Um in allen diesen Fällen einen möglichst bequemen Zugang darzustellen, befinden sich an der östlichen Seite des Piers zwei 60 Fuſs lange und 12 Fuſs breite Anbaue, worin je vier Treppen mit den zugehörigen Podesten oder Böden, von denen man nach dem jedesmaligen Wasserstande diejenige benutzt, die entweder in der Höhe des

Digitized by Google

Decks oder zunächst über demselben liegt. Fig. 174 auf Taf. XXXV zeigt einen dieser Anbaue, nämlich *a* in der Ansicht von oben, *b* von der Wasserseite aus gesehn und *c* im Durchschnitt. Die Treppe *A* führt nach dem ersten Boden herab, der nach der Ansicht *b* auf der rechten Seite des Anbaues sich befindet. Von hier gelangt man auf der Treppe *B* nach dem zweiten Boden, welcher die linke Seite einnimmt, der letztere steht mit zwei Treppen in Verbindung. Auf der kürzeren *C* steigt man zum dritten Boden herab, der wieder rechts liegt, und auf der längeren *D* nach dem untersten Boden auf der linken Seite. Indem die Seitenmauer des Piers im Verhältnisse von 1 zu 4 geneigt ist, so führen die sämmtlichen Treppen, mit Ausnahme der dritten, etwas schräge herab, wie auch der Grundrifs zeigt. Der untere Theil dieses Anbaues, mit Einschlufs der Treppen *C* und *D* und der zugehörigen Böden, ist massiv, der Ueberbau dagegen, dessen Construction die Zeichnung nicht näher angiebt, besteht aus Holz.

Eine Treppenanlage, welche der so eben beschriebenen ganz gleich ist, befindet sich auch an der westlichen Seite des Piers. Dieselbe wird benutzt, so oft östlicher Wind weht, weil alsdann die See auf der westlichen Seite am ruhigsten ist. Die Brustmauer auf dem Pier ist vor dieser Treppe mit mehreren überwölbten Oeffnungen versehn, durch welche man bequem zu ihr gelangen kann, diese Oeffnungen werden aber bei starken Weststürmen geschlossen.

In den Jahren 1870 und 1871 wurde ein Damm aus Bétonblöcken bei Currachee (Karatschi) im Staate Sinde (Sindh) ohnfern der Mündung des Indus (Sindhu), in das Indische oder Arabische Meer hinausgeführt. Dieser Bau zeichnet sich dadurch aus, dafs er in sehr kurzer Zeit beendigt wurde. Von dem Suliman-Gebirge, das Ostindien von Balutschistan trennt, erstreckt sich der Manora-Felsen bis an das Meer. Derselbe besteht aus Geschieben von Conglomerat, die auf Sand liegen. Das Meer unterspült dieselben, das Ufer bricht ab und man findet die Steine noch bis 500 Fufs weit jenseit der Niedrigwasser-Grenze. An letzterer beginnt der Damm, der zunächst 270 Fufs (Englisches Maafs) lang, und 24 Fufs breit war. Anfangs war die Tiefe nur gering, woher Bétonblöcke von verschiedenen Dimensionen

Digitized by Google

zur Verwendung kamen. Sie wurden auf die Steine versetzt, die den Meeresgrund bedeckten, doch mufsten dieselben vorher ausgeebnet werden. Der Monsoon, der mit ungewöhnlicher Heftigkeit $3^1/_2$ Monate hindurch das Meer aufregte, hatte nur einige dieser Blöcke etwas verschoben, ohne erhebliche Beschädigungen zu veranlassen.

Im Jahr 1870 wurde der Damm um 147, und alsdann noch um 225 Fufs weiter geführt, dabei erreichte man gröfsere Tiefen, und die Art der Ausführung war nunmehr folgende.

Zunächst wurde der Grund mit einer Steinschüttung überdeckt, die bis 15 Fufs unter Niedrigwasser sich erhob, und auf diese stellte man die Bétonblöcke. Sie wurden aber nicht flach verlegt, sondern wie Fig. *P* auf Taf. XXXIII. b zeigt, so gerichtet, dafs sie mit dem Loth Winkel von 16 Graden bildeten. Damit die untern Blöcke sich der horizontal ausgeebneten Steinschüttung gehörig anschlossen, mufsten sie mit passender Schmiege versehn sein. Diese erhielten sie sogleich beim Formen.

Alle Blöcke waren 12 Fufs lang, 8 Fufs breit und $4^1/_2$ Fufs stark. Die Formkasten standen aufrecht und mittelst eines Rollkrahns wurde der auf einer Eisenbahn beigeführte Béton in dieselben verstürzt. Diejenigen Formkasten, worin die mit Schmiege versehenen Blöcke gebildet werden sollten, standen aber nicht auf horizontalem Boden, sondern auf einem entsprechend geneigten. Dieser letzte Boden setzte sich aber nicht in derselben Neigung durch die ganze Breite fort, sondern sein Querschnitt war sägenförmig gestaltet, wodurch jeder Kasten auch vor einem möglichen Gleiten gesichert war. Endlich ist dabei zu bemerken, dafs die Löcher in den Blöcken, in welche die Steinklauen eingriffen, so angebracht waren, dafs der an zwei Klauen gehobene Block sogleich in derselben Richtung schwebte, in welcher er versetzt werden sollte.

Zwei Blöcke hochkantig versetzt bildeten die Breite des Damms, und indem drei übereinander gestellt wurden, erreichte man die Kronenhöhe. Der Querschnitt des Damms war sonach nahe ein Quadrat von 24 Fufs Breite und fast gleicher Höhe. Die Ausführung dieses Baues war überaus einfach. Bevor die Aufstellung einer neuen Schicht begann, liefs man einen Dampfbagger unmittelbar vor dem Fufs der vorhergehenden Schicht die

Digitized by Google

Rinne von angemessener Tiefe ausheben. Dieses geschah so gleichmäfsig, dafs die Taucher nur wenig Steine darin zu beseitigen oder hinzuzufügen hrauchten. Der Krahn aber, ein sogenannter Titan, lief jedesmal bis zu der Stelle zurück, wo die Bétonblöcke angefertigt waren und trug alsdann einen solchen herbei, den er sogleich an die passende Stelle versetzte. Dieses geschah so schnell, dafs einst in 1 Stunde und 40 Minuten sechs Blöcke versetzt wurden, also der Damm in dieser kurzen Zeit sich um $4\,^1/_2$ Fufs verlängerte. Im Allgemeinen schritt die Arbeit indessen viel langsamer vor, da es namentlich an zuverlässigen Tauchern mangelte, die schnell genug die vorhergehenden Untersuchungen und Ausebnungen vornehmen konnten.

Der Bau hat sich, soweit die Mittheilungen reichen*), in gutem Stande erhalten, wenn auch manche Unregelmäfsigkeiten daran eintraten, die jedoch seine Sicherheit nicht gefährdeten. So neigte sich der Kopf nach einer Seite und senkte sich um 9 Zoll. Dieses war wahrscheinlich durch Unterspülung veranlafst, auch kam es vor, dafs einzelne Blöcke seitwärts etwas heraustraten, während die durchgehende Mittelfuge sich erweiterte. Letztere füllte man alsdann mit steifem Béton an. Mit solchem wurde auch die Oberfläche des Damms schliefslich ausgeebnet.

Dieser Bau, vom Ingenieur Parker ausgeführt, ist insofern sehr wichtig, als die dabei gewählte Constructionsart überaus einfach ist und zugleich Sicherheit gegen wesentliche Beschädigungen bietet. Ein ganz geregeltes Werk läfst sich dadurch freilich nicht darstellen, oder wenn man die Krone und den über Wasser liegenden Theil auch künstlich reguliren wollte, so dürften dabei dennoch, besonders in erster Zeit, manche Bewegungen der einzelnen Blöcke sich nicht verhindern lassen. Der grofse Vorzug besteht darin, dafs die einzelnen Schichten auf schmalen Flächen und ohne Seitenverband auf dem Grunde stehn, also nachsinken können, sobald Höhlungen sich darunter bilden. Diese Bewegung wird nur durch die Reibung erschwert, die gewifs ein geringeres Hindernifs ist, als wenn die Schichten im Verbande sich überdeckten. Dazu kommt noch, dafs jeder Block nur in seiner

*) Diese Mittheilungen sind aus verschiedenen Jahrgängen der englischen Zeitschrift „Engineering" entnommen.

Digitized by Google

kleinsten Seitenfläche von den Wellen getroffen wird, also dem geringsten Stofs ausgesetzt ist.

Die hier gewählte Constructionsart mit den in schräger Richtung stehenden Blöcken schliefst sich ungefähr an diejenige an, die Telford in den Jahren 1812 und 1813 bei Verlängerung des nördlichen Hafendamms bei Aberdeen zur Ausführung brachte. Dieser Bau wird im Folgenden näher beschrieben werden.

Gleichzeitig mit dem Hafendamm bei Currachee sind solche in sehr ähnlicher Art vom Mac-Gregor in Hafen Oamaru in Neu-Seeland ausgeführt. Dabei wurden aber die 12 Fufs langen Bétonblöcke nicht auf die schmalen, sondern auf die langen Seiten, und zwar wieder schräge gestellt. Die Dämme sind 36 Fufs breit, 1200 Fufs lang und erheben sich aus der Tiefe von 12 Fufs unter Niedrigwasser bis über Hochwasser. Der Fluthwechsel mifst 7 Fufs. Die aus Blöcken dargestellten 12 Fufs breiten Mauern bilden nur die Seitenwände des Damms. Der Zwischenraum ist unter Wasser mit Steinschüttung gefüllt. Auf diese wie auf die Blöcke hat man bis 8 Fufs über Hochwasser Béton aufgebracht, der nicht nur die Dammkronen, sondern auch die oben 10 und unten 18 Fufs starken und $6\frac{1}{2}$ Fufs hohen Brustmauern bildet.

In neuster Zeit hat man, ähnlich dem Admiralitäts-Pier bei Dover, auch in den Niederlanden Hafendämme aus Bétonblöcken bestehend vom Grunde des Meeres ab aufzuführen versucht. Sie sollten den neuen Vorhafen in der Nähe von Velsen umschliefsen, der den Zugang zu dem Canal nach Amsterdam bildet. Der Vorhafen ist so weit ausgedehnt, dafs er das tiefe Wasser erreicht, und hat sogleich solche Weite, dafs der Wellenschlag sich hinreichend mäfsigt, um die Einfahrt in den Canal zu sichern. Er wird ziemlich symmetrisch von zwei Dämmen begrenzt, die in der Linie des frühern Niedrigwassers 300 Ruthen von einander entfernt sind. Sie convergiren gegen einander, woher im Abstande von 280 Ruthen vom Strande ihre Entfernung nur noch 175 Ruthen mifst. Von hier ab treten sie noch stärker zusammen, so dafs die in der Mittellinie um 60 Ruthen weiter entfernte Mündung nur noch die Weite von 59 Ruthen behält. Der Abstand derselben vom Strande mifst 340 Ruthen.

Diese Maafse, wie auch die folgenden sind aus dem am

Digitized by Google

23. Januar 1866 von der Canal-Gesellschaft an das niederländische Ministerium des Innern eingereichten und von diesem genehmigten Project entnommen. Derselben Zeichnung sind vier Querprofile der Molen beigefügt, die insofern verschieden sind, als sie sich auf verschiedene Tiefen beziehn und verschiedene Kronenbreiten darstellen. Der Fluthwechsel ist dabei zu 4 Fuſs 4 Zoll angegeben und zwar liegt A. P. (Amsterdamer Pegel) 2 Fuſs $10\frac{1}{2}$ Zoll unter Hochwasser und 1 Fuſs $5\frac{1}{2}$ Zoll über Niedrigwasser. Im ersten Profil, das 72 Ruthen vom Strande entfernt ist, beträgt die Wassertiefe unter A. P. 20 Fuſs und die Kronenbreite 19 Fuſs, beim zweiten, 145 Ruthen entfernten Profil die Tiefe 23 Fuſs und die Kronenbreite 21 Fuſs, beim dritten im Abstande von 265 Ruthen vom Strande die Tiefe 27 Fuſs und die Kronenbreite $23\frac{1}{2}$ Fuſs. Die Köpfe haben kreisförmige Querschnitte, die oben 35 Fuſs im Durchmesser halten, während die Tiefe daselbst 30 Fuſs beträgt. Die Krone liegt in den drei ersten Profilen 9 Fuſs über A. P., in dem Kopfe aber 13 Fuſs. Die Seitenwände sind überall im Verhältniſs von 1 zu 7 gegen das Loth geneigt, wogegen die Krone behufs der Entwässerung mit der geringen Neigung von 1 zu 30 hafenseitig abfallt. Fig. *D* auf Taf. XXXIII. a stellt das zweite dieser Profile dar.

Nach diesen Zeichnungen sollten die Dämme 2 bis 3 Fuſs in den natürlichen Boden versenkt werden, und dieses dürfte insofern genügen, als der Vorhafen nicht bis an sie heran, sondern nur in der Mitte vertieft wurde, indem die groſse Breite zwischen den Dämmen allein die Abschwächung des Wellenschlags bezweckte. Die zur Verblendung benutzten Bétonblöcke unterscheiden sich von den innern dadurch, daſs bei gleicher Zusammensetzung des Mörtels der Steinschlag in den erstern aus Granit- oder aus Basaltstücken besteht, während bei den innern Blöcken nur Ziegelbrocken verwendet sind. Ueber Wasser fehlen die innern Bétonblöcke, und statt derselben ist der Béton unmittelbar zwischen die äuſsern Blöcke verstürzt, wo er eine 9 Fuſs hohe Lage bildet.

Seeseitig und auf den Köpfen bis gegen die Hafenseite sind Brustmauern von 3 Fuſs Höhe und 4 Fuſs Breite aufgeführt.

Der Bau dieses Hafens, wie die ganze Darstellung der neuen

Digitized by Google

Verbindung von Amsterdam mit der See, und zwar für die gröfsten Handelsschiffe, mit Einschlufs der Trockenlegung des Y, wird nicht vom Staat, sondern von einer Privatgesellschaft ausgeführt, die grofsentheils aus Englischen Capitalisten besteht. Der Bau der Hafendämme wurde den Unternehmern Henry Lee et Son übergeben, die auch die Weiterführung des Admiralitäts-Piers bei Dover übernommen hatten. Hier traten jedoch gleich anfangs wegen des aus feinem Sand bestehenden Bodens grofse Schwierigkeiten ein. Die Vertiefung und Ausebnung des Grundes, die zum regelmäfsigen Versetzen der untern Bétonblöcke in der beabsichtigten Tiefe nothwendig war, ergab sich als ganz unthunlich, da der Sand fortwährend hinzufloſs. Auch der Versuch, die Blöcke ohne weitere Vorbereitung unmittelbar auf den Sand zu legen, veranlafste solche Unregelmäfsigkeit, dafs man sich gezwungen sah, die Blöcke durch Taucher wieder an die Hebevorrichtungen anschlagen zu lassen und zu entfernen. Noch ein andrer Versuch wurde gemacht; nämlich den Damm nicht vom Strande aus nach der See, sondern umgekehrt von einer isolirten Steinschüttung aus nach dem Strande zu führen. Dabei stellte sich indessen wieder der grofse Uebelstand ein, dafs die Küstenströmung sich durch die Oeffnung hindurchzog und dieselbe stark vertiefte.

Es blieb hiernach nur übrig, zunächst eine feste Grundlage zu bilden, die gehörig geebnet werden mufste, um den Damm sicher zu tragen. Man benutzte hierzu Basalte, die in der Höhe von mindestens 3 Fufs verschüttet wurden und sich noch etwa 30 Fufs seitwärts über die Basis des Damms ausdehnten. Nachdem dieselben längere Zeit hindurch dem Wellenschlag ausgesetzt gewesen, wurden sie durch Taucher ausgeebnet, und nunmehr konnten darauf die Blöcke in angemefsner Weise versetzt werden.

Der Béton, aus dem man die Blöcke formte, bestand aus 1 Theil Portland-Cement, 5 Theilen Sand und 4 Theilen Kies oder Ziegelbrocken.

Anfangs gab man den Blöcken geringere Dimensionen. Da diese aber bei starkem Seegang von den Wellen in Bewegung gesetzt, und zuweilen sogar fortgetrieben wurden, so wurden bald nur solche angefertigt, die durchschnittlich etwa 1 Schachtruthe hielten. Ihre Anfertigung geschah bei Velsen und von dort

Digitized by Google

wurden sie auf Eisenbahnen bis an das jedesmalige Ende der Molen gefahren, wo ein weit auslegender Krahn sie faſste und unter Beihülfe von Tauchern versetzte. Bei dieser Anordnung konnten nicht ausgedehnte Schichten gebildet werden, sondern man muſste, sobald eine Reihe Blöcke auf die Grundlage gebracht war, sogleich eine andre Reihe darüber legen, und so fort, bis man mit einer etwa halbfüſsigen Dossirung des jedesmaligen Kopfes die ganze Höhe des Damms erreichte *).

Schon bei Ausführung der Basaltbettung hatte man zur Sicherung der vortretenden Theile derselben die Ueberdeckung mit einzelnen Bétonblöcken vorgesehn, und bald darauf sah man sich gezwungen, diese Ueberdeckungen zu verstärken. Da indessen auch dieses nicht genügte, so nahm schlieſslich diese Anschüttung eine übermäſsige Ausdehnung an. Der italienische Ingenieur Italo Maganzini, der von seiner Regierung beauftragt war, die Wasserbauten in den Niederlanden zu besichtigen, sagt**): Man muſste vor diese Hafendämme Bankete anschütten, um die Wellen zu brechen, welche die regelmäſsig versetzten Bétonblöcke verschoben, obwohl man letztere schon durch Dübel und Eisenstangen in allen Richtungen verankert hatte. Diese Bankete, wieder aus Bétonblöcken gebildet, erhoben sich 8 Fuſs über Amsterdamer Peil, sie blieben also nur etwa 1 Fuſs unter der Dammkrone. Sie waren in der Krone 14 Fuſs breit, und hatten seeseitig einfüſsige Böschungen. 1875 waren zu diesem Zweck vor der Nordermole etwa 12000 und vor der Südermole 4500 Schachtruthen verwendet, während am Ende des Jahrs noch 700 Schachtruthen natürliche Steine hinzugefügt wurden.

Maganzini schreibt die Unhaltbarkeit dieses Baues dem Umstand zu, daſs der Damm zu schwache Dimensionen erhalten, indem er ihn mit dem Pier von Dover vergleicht. Es dürfte sich indessen wohl fragen, ob die Art der Ausführung nicht vorzugsweise die Beschädigungen veranlaſst hat. Wenn die untere

*) Eine kurze Notiz über diesen Bau findet man zuerst in den Annales des ponts et chaussées 1870. I. pag. 303. Ausführlicher sind die Mittheilungen von A. Wiebe in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen. 1872, Seite 401.

**) Sulle opere idrauliche dei paesi bassi, relazione di missione dell' Ingegnere Italo Maganzini. Roma e Firenze. 1877.

Digitized by Google

Schicht nicht regelmäfsig versetzt war, so mufsten die Unregelmäfsigkeiten auch in allen folgenden Schichten sich fortsetzen, bis die Uebermaurung in Mörtel beginnen konnte. Sobald aber grofse freie Oeffnungen im Innern statt finden, so üben die Wellen sehr kräftige Pressungen und Stöfse gegen die nächsten Steine aus, und wenn vielleicht wegen ungenügender Sicherung des Untergrundes die Ausspülungen fortdauern und deshalb immer neue Bewegungen eintreten, wobei auch die Uebermaurung zerbricht, so würden die eingetretenen Zerstörungen sich wohl erklären, ohne dafs die Dimensionen des Damms dieses veranlafsten. Die Verhältnisse sind indessen bisher noch nicht genügend aufgeklärt, um ein sicheres Urtheil zu begründen. Dabei mufs erwähnt werden, dafs die werthvolle Zeitschrift des Kgl. Ingenieur-Instituts im Haag über diesen Bau bis jetzt (1880) sich noch gar nicht ausgesprochen hat.

Der Französische Ingenieur Croizette Desnoyers, der im Sommer 1873 die Baustelle besuchte, spricht sich im Allgemeinen sehr rühmend über die Art der Ausführung aus, nichts destoweniger erwähnt er aber doch, dafs der erste Versuch, die Blöcke unmittelbar auf dem aus feinem Sand bestehenden Boden zu versetzen, mifsglückt sei, und dafs auch, nachdem den Blöcken eine 1 Meter hohe Steinschüttung zur Unterlage gegeben, der nördliche Damm so starken Angriffen noch ausgesetzt wäre, dafs man beabsichtige, ihn durch ein Banket zu sichern*).

Sehr wichtig ist ferner die in neuster Zeit von Coode aus Bétonblöcken ausgeführte Mole, welche die Rhede von Jersey schützt und dem heftigsten Wellenschlag des Atlantischen Oceans bei westlichen Stürmen ausgesetzt ist. Dieser Damm, Hermitage Breakwater genannt, tritt in süd-süd-östlicher Richtung etwa 1700 Fufs weit vor, und begrenzt die südöstlich gerichtete, etwa 800 Fufs weite Mündung der Rhede, die auf der andern Seite durch einen Damm gedeckt wird, der von Osten nach Westen gekehrt, und durch eine Reihe davor liegender Klippen einigermafsen geschützt ist. Der Fluthwechsel beträgt hier bei Springfluthen 32 Fufs und bei todten Fluthen 14 Fufs.

---

*) Notice sur les travaux publics en Hollande par M. Ph. Croizette Desnoyers. Paris 1874, pag. 24.

Digitized by Google

Ein grofser Vortheil war es bei diesem Bau, dafs der Untergrund aus gewachsenem Sienit besteht, so dafs keine Unterspülung zu besorgen war. Der Grund lag aber stellenweise bis 20 Fufs unter dem niedrigsten Wasser. Derselbe wurde zunächst durch Säcke geebnet, die nach Bedürfnifs mehr oder weniger mit Béton gefüllt waren, und hierauf wurden Bétonblöcke versetzt, deren jeder 120 Tons (240 000 Pfund) wog. Dieselben waren 22 Fufs lang, 10 Fufs breit und 7 Fufs hoch. Sie wurden auf ebenen Stellen im Hafen geformt, die bei der Ebbe trocken waren, und nachdem sie erhärtet, wurden sie durch Fahrzeuge, die man besonders zu diesem Zweck erbaut hatte, zur Zeit des Hochwassers gehoben und unter Wasser schwebend an ihre Stelle geführt. Man versetzte sie nur als Binder und zwei derselben bildeten die Breite des Unterbaues von 45 Fufs. Es mufsten vielfach zwei solche Schichten, zuweilen sogar drei derselben über einander gelegt werden, bevor sie über Niedrigwasser traten. Alsdann wurde durch Uebermaurung in schnell bindendem Mörtel die Oberfläche regulirt und ausgeebnet, um den regelmäfsigen Oberbau beginnen zu können. Dabei wurden wieder Bétonblöcke benutzt, die jedoch nur den zehnten Theil der Masse der ersten enthielten. Sie waren 10 Fufs lang, 5 Fufs breit und $3\frac{1}{4}$ Fufs hoch. Man formte dieselben auf dem wasserfreien Ufer, fuhr sie auf einer Eisenbahn an und versetzte sie mit einem beweglichen Krahn, dessen Ausleger 50 Fufs weit übergriff. Sie bildeten nur die Umschliefsungswände, der Kern wurde mit Bruchsteinen ausgemauert. Der Damm hatte in der Krone die Breite von 36 Fufs und erhob sich 8 Fufs über das höchste Wasser. 1872 wurde der Bau begonnen und ist jetzt zugleich mit den vielen andern Anlagen im innern Hafen beendigt. Während der Ausführung traten mehrfach bedeutende Zerstörungen ein, die jedoch nur dadurch veranlafst sein sollen, dafs die noch nicht gehörig gesicherten Theile sich lösten.

Auch bei uns hat eine ähnliche Constructionsart bereits Anwendung gefunden, nämlich beim Bau des Kopfs am westlichen Hafendamm bei Rügenwalder-Münde. Obwohl der Meeresgrund daselbst wieder mit feinem Sand überdeckt war, ist es dennoch gelungen, die Bétonblöcke regelmäfsig und in der beabsichtigten Tiefe zu versetzen. Indem zu erwarten steht, dafs

Digitized by Google

dieser Bau sich unversehrt erhalten, und in noch höherem Grade, als die verankerten Pfahlwände dauernd gesichert sein wird, so mag eine nähere Beschreibung desselben folgen, wie der Wasserbaumeister Weinreich ihn ausgeführt hat. Es mufs aber daran erinnert werden, dafs es sich hier um einen aus der Tiefe steil ansteigenden Kopf handelt, der durch keine Steinschüttung gedeckt werden darf, welche wohl an der Aufsenseite des Damms weiter landwärts, also vor den Pfahlwänden zulässig bleibt, sobald besorgliche Vertiefungen eintreten.

Die Construction des Hafendamms ist bereits § 58 mitgetheilt und durch die Zeichnungen Fig. *A* auf Taf. XXXIII. a erläutert worden. In der Höhe des mittleren Wasserstandes ist derselbe zwischen den Pfahlreihen 26 Fufs breit und die Rüstung erhebt sich 9 Fufs über Mittelwasser. Vier darüber gestreckte Langbalken tragen zwei Eisenbahnen, auf denen sowohl die Steine zur Schüttung, wie auch das Material zur Uebermaurung angefahren wurde. Auf denselben werden auch die am Ufer geformten Bétonblöcke beigeschafft, die den Kopf einschliefsen.

Der auf Steinschüttung zwischen Pfahlwänden aufgeführte Theil des Damms hat nicht die ganze Länge, welche die Situations-Zeichnung Fig. 117 auf Taf. XX zeigt, vielmehr ist derselbe 74 Fufs kürzer. Der daran sich anschliefsende Theil ist mit Fortlassung der Pfahlwände unter Wasser mit Bétonblöcken umschlossen, wozwischen Steine gepackt sind. Sein Profil stimmt zunächst mit demjenigen zwischen den Pfahlwänden überein, das Fig. *A*. 4 auf Taf. XXXIII. a angiebt. Seine Breite nimmt aber gleichmäfsig zu, so dafs er schliefslich im Niveau des Mittelwassers mit einem Halbkreise von 38 Fufs Durchmesser endigt. Die über einander liegenden Schichten der Bétonblöcke treten an der Aufsenseite stufenförmig zurück. Die Dossirung, die sie darstellen, ist zunächst derjenigen der Pfahlwände gleich, wird aber immer steiler und in dem Halbkreise, der den Kopf bildet, ist jeder Block nur um den fünf und zwanzigsten Theil seiner Höhe zurückgezogen, woher die Krone mit Einschlufs der Brustmauer sich hier auf 37 Fufs verbreitet und zur Aufstellung einer Baake hinreichenden Raum bietet.

Zunächst kam es darauf an, die Rüstung so anzuordnen, dafs nicht nur die Blöcke bequem herabgelassen werden konnten,

Digitized by Google

sondern es mufste dabei auch für Aufstellung der Baggermaschine, so wie der Rollkrahne gesorgt werden, mittelst deren die Blöcke von den erwähnten Eisenbahnen abgehoben und versetzt werden. Es liefs sich freilich nicht vermeiden, dafs namentlich für den gekrümmten Theil der Umschliefsungsmauer manche Verbandstücke ausgeschnitten und durch andre ersetzt werden mufsten, was jedoch in allen Fällen leicht und ohne Nachtheil sich thun liefs.

Jedenfalls mufste die Rüstung bedeutend breiter, als im vordern Theil des Damms sein. Die Anordnung der Joche war jedoch der früheren gleich, wie auch deren gegenseitiger Abstand von 8 Fufs von Mitte zu Mitte beibehalten wurde, und nur am äufsersten Ende etwas vergröfsert werden mufste. Im Ganzen wurden hier zwölf Joche erbaut, und unmittelbar an das zehnte lehnte sich in der Mittellinie des Damms der untere Block an.

Die wieder mit der Neigung 1 : 4 schräg eingerammten Doppelpfähle der Joche, die mit den Holmen verkämmt und verbolzt sind, stehn in der Oberfläche des Mittelwassers anfangs 46 und schliefslich 50 Fufs sich gegenüber. Die 12 Fufs über Mittelwasser liegenden Holme werden aufserdem von je vier Zwischenpfählen getragen. Die beiden äufsern derselben berühren mit ihren Köpfen nahe die Köpfe der schrägen Doppelpfähle, die beiden innern sind von den äufsern 16 Fufs entfernt. Auf die Holme sind genau über den Zwischenpfählen in der Länge der Rüstung vier Balken gestreckt, worauf die Schienen genagelt sind, welche die Bahnen der Rollkrahne von 15 Fufs Spurweite bilden. Diese Krahne, ähnlich den im zweiten Theil des Handbuchs § 4 beschriebenen und Fig. 54 dargestellten, dienen zum Versetzen der Bétonblöcke, welche auf der in zwei Geleise gespaltenen Eisenbahn, von 4 Fufs Weite, auf dem vordern Theil des Hafendamms angefahren werden. Damit die Blöcke aber durch den Rollkrahn vom Wagen abgehoben werden konnten, mufsten beide lothrecht über einander stehn. Zu diesem Zweck sind die beiden betreffenden Bahnen über den Zwischenraum zwischen dem letzten Joch der Pfahlwände und dem ersten des Kopfs oder des mit Mauern umschlofsnen Theils des Damms hinübergeführt.

Um die Bahn für die Baggermaschine zu bilden, befestigte man Riegel an die beiden Mittelpfähle jedes Jochs, und eben so

Digitized by Google

auch an je einen der äufsern und an die Doppelpfähle daneben. Von diesen Riegeln liefs man die Köpfe so weit vortreten, dafs man Balken, welche die Schienen trugen, darauf legen konnte. In dieser Weise befinden sich die Bahnen der Baggermaschine genau unter denen der Rollkrahne, ihre Spurweite mifst aber nur 12 Fufs. Diese Bahnen legte man möglichst niedrig, so dafs die Oberkanten der Schienen sich nur 2 Fufs über Mittelwasser erhoben, woher schon bei mäfsig bewegter See die Maschine gesichert werden mufste. Man hatte indessen, um bedeutende Anschaffungen zu vermeiden, die Leiter eines kleinen Dampfbaggers benutzt, deren Länge keine höhere Aufstellung gestattete, auch liefs diese sich nur gebrauchen, wenn sie wieder schräg gerichtet war, während unzweifelhaft eine lothrecht aufsteigende Eimerkette in diesem Fall vorzuziehn gewesen wäre. Die obere Trommel war mit einem conischen Rade verbunden, und in dieses griff ein Getriebe ein, dessen senkrechte Achse durch einen Dielenboden trat, und daselbst als Gangspill von sechs Mann gedreht wurde. Diese Trommel, wie auch jene Achse, ruhte auf einem Wagen, der auf dem erwähnten Geleise stand. Die untere Trommel der Eimerleiter hing aber an einem zweiten Wagen auf demselben Geleise. Man konnte sonach den Bagger beliebig tief eingreifen lassen, auch in seiner Längenrichtung ihn verstellen. Der gehobene Sand fiel auf einen Dielenboden, von dem er abgeschaufelt und meist in Prahmen fortgeschafft wurde.

Die Baggermaschine nebst beiden zugehörigen Wagen mufste beim Fortschreiten des Baues nicht nur von einem Geleise auf das andre versetzt, sondern auf jedem auch in beide Richtungen aufgestellt werden, damit die Bétonblöcke an beiden Enden der untern Schichten in gehörige Tiefe versenkt werden konnten. Um aber am Kopf des Damms, also zwischen den beiden Geleisen, die nöthige Tiefe zu erreichen, mufste auch hier für feste und möglichst passende Aufstellung der Maschine gesorgt werden. Bei stärkerem Wellenschlag wurde die Eimerleiter nicht nur an dem zweiten Wagen aufgewunden, sondern mufste zuweilen auch ausgehoben werden.

Die Wassertiefe mafs hier etwa 16 Fufs und nach den bei Stolpmünde gemachten Erfahrungen durfte vorausgesetzt werden,

Digitized by Google

dafs grofse Vertiefungen daneben nicht eintreten würden, doch mufsten die Blöcke jedenfalls unter die vorhandenen Sandablagerungen mehre Fufs tief herabreichen. Es wurde sonach bestimmt, dafs die Sohle der Mauer 7 Fufs tiefer, also auf 23 Fufs unter Mittelwasser liegen solle. Indem der Bagger bei dieser Aufstellung nur eine Rinne vertiefen konnte und selbst in der Richtung derselben seine Verstellung nicht leicht war, so liefs man ihn, wo ein Block der untern Schicht versenkt werden sollte, nur eine Grube ausheben, bei deren Vertiefung der Sand von allen Seiten zufloss. Man konnte also, indem die Baggerleiter nach und nach gesenkt wurde, eine beliebige Quantität Sand entfernen, doch mufste man aufmerksam sein, dafs nicht etwa die Grube bis unter die bereits versetzten Bétonblöcke sich ausdehnte, weil diese in solchem Fall theilweise hohl liegen würden. Trat vor dem Versetzen des neuen Blocks starke Wellenbewegung oder heftige Küstenströmung ein, so wurde die Grube in kürzester Zeit wieder verschüttet und die Arbeit mufste später aufs Neue ausgeführt werden. Es kam sonach darauf an, den betreffenden Block möglichst schnell herabzulassen, sobald sein Lager vorbereitet war. Letzteres geschah durch einen Taucher, der den Sand von der Seite, soweit es nöthig war, herabschob und ebnete. Hierauf wurde der bereits am Rollkrahn hängende Block herabgelassen und durch den Taucher gehörig gerichtet. Ob der Block in richtiger Tiefe horizontal und an der passenden Stelle lag, liefs sich zum Theil mit grofser Schärfe von der Rüstung aus beurtheilen, indem die Schienen der Eisenbahn eine horizontale Ebene darstellten. Waren diese Bedingungen nicht erfüllt, so wurde der noch an der Steinklaue befestigte Block aufs Neue gehoben, sein Lager durch den Taucher geregelt und der Block passend gerichtet.

Indem man dieser Mauer eine recht breite Basis von 12 Fufs geben wollte, so liefsen sich dazu nicht Blöcke von einer gleichen Länge verwenden, weil die Ausgleichung der Lager alsdann zu schwierig gewesen wäre. Man legte daher in der untern Schicht zwei Reihen Blöcke hinter einander von $5\frac{1}{2}$ bis $6\frac{1}{2}$ Fufs Länge. Die Breite derselben mafs in den geraden Strecken 5 Fufs, in der Krümmung dagegen, wo sie keilförmig waren, in der äufsern Reihe durchschnittlich 5 und in der innern 4 Fufs.

Digitized by Google

Diese Schicht ist $3^1/_2$ Fuſs hoch, und besteht aus acht und fünzig Blöcken. Dieselben sind so versetzt, daſs in der Mittellinie der Schicht eine Stoſsfuge sich hindurchzieht und die Querfugen (in der Längenrichtung der Blöcke) durch die ganze Breite der Schicht sich fortsetzen. Der gröſste Theil dieser Blöcke wurde 1878 versetzt, diejenigen aber, welche den gekrümmten Theil der Mauer bilden, erst 1879.

Das Aufbringen der zweiten Schicht, die bereits ein festes Lager fand, und wobei nur der aufgetriebene Sand beseitigt werden muſste, war um Vieles leichter. Diese Blöcke, etwas über 10 Fuſs lang, griffen sämmtlich als Binder durch die ganze Breite und überdeckten jedesmal die Querfugen der untern Schicht, woher ihre Anzahl halb so groſs, als die der darunter liegenden ist. Ihre Höhe beträgt wieder $3^1/_2$ Fuſs. An der äuſsern Seite treten sie, wie bereits erwähnt, gegen die untern zurück. Bevor sie versetzt wurden, untersuchte man die Lage der untern Schicht. Fanden sich in deren Oberfläche nur geringe Höhenunterschiede, bis 4 Linien, vor, so blieben dieselben unbeachtet, waren sie aber gröſser, so glich der Taucher sie mit steifem Cementmörtel aus. Der Versuch, hierbei wasserdichte, mit wenig Mörtel gefüllte Säcke zu benutzen, miſsglückte, da der Mörtel sich alsdann nicht schnell genug ausbreiten lieſs. Sehr weite Stoſsfugen wurden mit Béton gefüllt.

Noch leichter war das Aufbringen der dritten und der folgenden Schichten. Das Versetzen der Blöcke geschah dabei wieder in der angegebenen Art. Ihre Höhen betrugen nunmehr stets 4 Fuſs und ihre Längen waren in der dritten Schicht 9,5 Fuſs, in der vierten 9,0 Fuſs, in der fünften 8,5 Fuſs und in der sechsten Schicht 7,6 Fuſs. Die sechste Schicht tritt schon über das Niveau des mittlern Wasserstands, man hat dieselbe jedoch im Herbst 1879 noch nicht aufgebracht, weil man besorgte, daſs sie in so groſser Höhe dem Wellenschlag bei heftigen Stürmen nicht widerstehn möchte, so lange sie nicht übermauert wäre. Zur Sicherung der fünften Schicht waren schon die Blöcke durch eiserne Klammern mit einander verbunden. Die Rinnen, worin diese liegen, so wie auch die Löcher, worin sie eingreifen sollten, waren bereits beim Formen der Blöcke

Digitized by Google

gebildet, und nachdem letztere versetzt waren, wurden in den frisch aufgebrachten Mörtel die Klammern eingestofsen.

Der innere Raum zwischen den Mauern wird, nachdem der eingetriebene Sand ausgehoben ist, mit gröfsern lagerhaften und gesprengten Graniten durch Taucher sorgfältig ausgepackt, um die Blöcke auf der Binnenseite vollständig zu stützen.

Ueber die noch nicht zur Ausführung gekommene Uebermaurung ist nur zu erwähnen, dafs dieselbe mit der des vordern Theils des Damms, wenn von der gröfsern Breite abgesehn wird, übereinstimmen soll.

Fig. 177 auf Taf. XXXV zeigt die Hälfte eines Jochs der Rüstung über dem äufsern Theil dieses Hafendamms, und zwar zunächst dem von Pfahlwänden eingeschlofsnen Theil. Es ist darin auch die schmalspurige Eisenbahn angegeben, auf der die Bétonblöcke angefahren werden. Wenn diese Bahn aber frei zu schweben scheint, so rührt dieses davon her, dafs in dieser Zeichnung vermieden wurde, ein Verbandstück beizufügen, welches nur das erste Joch, aber keins der folgenden enthält. Die erwähnte Bahn ist die Fortsetzung derjenigen, die schon im Querprofil Fig. *A.* 3 auf Tafel XXXIII. a angedeutet ist.

Die Holme der Rüstung tragen ferner die Bahn für den Rollkrahn, den die Zeichnung auch darstellt, während in geringer Höhe über dem Wasser die Bahn für die Baggermaschine sichtbar ist. Endlich ist in punktirten Linien auch das Querprofil der aus Bétonblöcken gebildeten Mauer angedeutet.

An die Ausführung der Hafendämme aus Bétonblöcken dürfte sich die Beschreibung einer Kaimauer im Hafen Dublin anschliefsen, die insofern von Wichtigkeit ist, als dabei Blöcke von ungewöhnlicher Gröfse geformt und versenkt wurden. Zu Bauten am offnen Meer hat man diese Bauart noch nicht gewählt, doch empfiehlt ihr Erfinder Stoney sie auch hierzu. Sie hat den grofsen Vorzug, dafs dabei nicht nur Fangedämme, sondern selbst alle Rüstungen erspart werden, und der einzelne Block sogleich über den Wasserspiegel tritt.

Im Hafen Dublin sollte nämlich die nördliche Kaimauer verlängert werden, woselbst die Wassertiefe über 20 Fufs mafs. Neben dem Ufer wurden Bétonblöcke von 27 Fufs Höhe, 21

Digitized by Google

Fuſs und 4 Zoll unterer Breite und 12 Fuſs Länge geformt. Die letzte Dimension trifft in die Längenrichtung der Mauer. Ein solcher Block hielt über 40 Schachtruthen und wog 350 Tons. Um denselben sicher zu heben, legte man auf den Boden des Formkastens zwei gufseiserne Platten, in welche Hängeeisen eingriffen, die durch den ganzen Block hindurchreichten. An dieselben schlofs der Béton sich jedoch nicht unmittelbar an, vielmehr waren sie von hölzernen Röhren umgeben, in denen sie nach dem Versetzen des Blocks gedreht und dadurch gelöst werden konnten. Seitwärts an den Blöcken, und zwar, wo sie einander berührten, war jedesmal eine senkrechte Rinne von 3 Fuſs Breite und 2 Fuſs Tiefe ausgespart, wodurch zwischen je zwei Blöcken 3 und 4 Fuſs weite Brunnen sich bildeten, die man zur Darstellung des Verbandes mit Béton füllte.

Die Ausebnung des Grundes geschah in einer ungewöhnlich grofsen Taucherglocke, deren Grundfläche ein Quadrat von 20 Fuſs Seite bildete. Durch eine hohe, 3 Fuſs weite und mit einer Luftschleuse versehene eiserne Röhre wurde sie mit sechs Mann besetzt. Diese gruben den Boden ab, wo er zu hoch war und warfen die ausgehobene Erde in zwei eiserne Kasten, die an die Decke in der Art aufgehängt waren, daſs sie sich leicht umkippen liefsen. Waren sie gefüllt, so hob man die Glocke einige Fuſs hoch, und brachte sie etwas seitwärts, worauf man die Kasten entleerte und die Arbeit weiter fortsetzte.

Nachdem der Block während 2 bis 3 Monaten gehörig erhärtet war, wurde er an die passende Stelle gebracht und versenkt. Hierzu diente ein Bock auf einem eisernen Prahm von 130 Fuſs Länge und 48 Fuſs Breite. Damit dieser keine schräge Stellung annahm, wenn an seiner schmalen Seite der Block hing, so war am entgegengesetzten Ende ein Theil des Prahms wasserdicht abgeschlossen, und indem man diesen, so weit es nöthig war, mit Wasser füllte, so bildete dieses das Gegengewicht. Eine Dampfmaschine von 14 Pferdekräften auf dem Prahm setzte sowohl die Winde zum Heben des Blocks in Bewegung, wie auch die Pumpen, durch welche das erwähnte Bassin nach jedesmaligem Bedürfnifs gefüllt oder entleert wurde.

Indem die sämmtlichen Blöcke über das Niedrigwasser traten,

Digitized by Google

so konnte die spätere Uebermaurung derselben in üblicher Weise erfolgen *).

Mit dieser Mittheilung verbindet Stoney noch die Andeutung einer andern eigenthümlichen Fundirung in Béton, die er ohnfern Dublin im offnen Meer ausgeführt hatte. Es sollte auf der Bank, die etwa eine halbe Meile vor der Mündung des Liffey liegt und die aus dem feinen Material besteht, welches dieser Flufs herabführt, ein massives hohes Seezeichen errichtet werden. Die Bank lag $5\frac{1}{2}$ Fufs unter Niedrigwasser und war zu lose, als dafs man einen schweren Bau unmittelbar darauf stellen konnte. Es wurde sonach ein Ring aus Béton geformt, der 19 Fufs lichte Weite hatte. Seine Höhe und Stärke ist nicht angegeben. Nachdem derselbe erhärtet war, führte man ihn herab und stellte ihn auf die Bank. Er schlofs sich so gut an dieselbe an, dafs er ausgepumpt werden konnte. Alsdann grub man im Innern den Boden aus, worauf er, wie ein Senkbrunnen bis zu einer festen Ablagerung herabsank. Hierauf wurde er mit Béton gefüllt, und das Seezeichen darüber aufgemauert.

Endlich mögen noch einige Hafendämme erwähnt werden, die nicht in ihrer ganzen Breite aus Mauerwerk bestehn, sondern von solchem nur umschlossen und im Innern mit Bruchsteinen verschüttet und ausgepackt sind.

In dem Bericht der Commission für Sicherheits-Häfen vom 17. Juni 1858 befindet sich eine Situations-Zeichnung der Umgebungen von St. Ives, worauf Projecte zur Umschliefsung eines geräumigen Ankerplatzes, zugleich aber auch das Profil eines Hafendamms angegeben wird. In den Verhandlungen, wie auch in den zugehörigen Anlagen und im Bericht der Commission wird dieses Project nicht näher beschrieben, es läfst sich daher nur nach der Zeichnung und nach einigen derselben beigefügten Bemerkungen beurtheilen.

Der Fluthwechsel bei gewöhnlichen Springfluthen soll 20 Fufs messen, und nach dem Profil liegt der Meeresgrund einige 40 Fufs unter Niedrigwasser. Der Hafendamm, der sich 5 Fufs über die Springfluthen erhebt, ist in der Basis 55 Fufs, und in der Krone, die noch eine Brustmauer trägt, 40 Fufs breit. Die

*) Engineering, 1874. I. pag. 180.

Digitized by Google

eigenthümliche Construction beruht darin, dafs der Damm vom Grunde des Meers ab bis nahe unter Niedrigwasser von grofsen prismatischen Blöcken eingeschlossen wird. Diese Blöcke sind nach der Zeichnung 12 Fufs breit und 12 Fufs hoch. Ihre Länge ist nicht angegeben, sie sollen aber, wie die beigefügte Bemerkung sagt, einzeln auf dem Lande aus Granitstücken aufgemauert, und, nachdem sie erhärtet sind, versenkt werden. Die Blöcke liegen nicht lothrecht über einander, sondern jeder tritt etwa 1 Fufs gegen den darunter befindlichen zurück. Der Zwischenraum zwischen den Seitenmauern ist mit Bruchsteinen gefüllt.

Bei der vor etwa dreifsig Jahren ausgeführten Verlängerung des Hafendamms in Ardrossan in Schottland wurde gleichfalls der Raum zwischen den Seitenmauern durch eine Steinschüttung gefüllt. Dieser Bau ist aber noch insofern wichtig, als die Mauern in Senkkasten erbaut wurden. Dem Ingenieur Moffat war die Bedingung gestellt, die gegen 300 Fufs lange und 70 Fufs breite Dammstrecke in einem Sommer, und zwar für mäfsige Kosten, auszuführen. Die mittlere Tiefe unter Niedrigwasser mafs 20 Fufs.

Da wegen des Bohrwurms, der besonders hier sehr stark auftrat, von allen Holz-Constructionen abgesehn werden mufste, und die Ausführungen in Quadern zu zeitraubend und zu theuer waren, so entschlofs sich Moffat zum Bau von eigenthümlichen Senkkasten, die selbst einen Theil der Mauern bildeten. Der Boden derselben bestand aus Platten von Gufseisen, $^3/_4$ Zoll stark, mit Verstärkungsrippen versehn, 15 Fufs lang und 11 Fufs breit. Auf jede derselben wurden in einem Trockendock die 9 Zoll starken Mauern, welche die Wände des Kastens bildeten, ausgeführt. Man benutzte dazu Ziegel von 9 Zoll Länge, die also durch die ganze Stärke der Mauern hindurchreichten, auch legte man reichlich Flachschienen in die Lagerfugen, während Roman-Cement ohne Zusatz von Sand als Mörtel benutzt wurde. Hierdurch gelang es, ziemlich wasserdichte Kasten darzustellen, die man schwimmend an den Ort ihrer Bestimmung bringen konnte.

Vor dem Versenken derselben mufste der felsige Grund durch Taucher geebnet und darauf drei Schichten Werkstücke versetzt werden, wodurch die Tiefe sich auf 15 Fufs verminderte. Um

Digitized by Google

aber die Kasten ohne freie Zwischenräume zu versetzen, waren sie wie Spundpfähle an einer Seite mit breiten Nuthen und an der andern mit entsprechenden Federn versehn.

Beim Beginn der Ebbe wurde das Wasser in das Dock gelassen und die Kasten, die 15 Fufs hoch waren, schwammen auf, indem die obern Ränder genügend vorragten. Man bugsirte sie alsdann an die Stelle, wo sie versenkt werden sollten, richtete sie, während sie noch schwammen, scharf ein, worauf sie bei der Ebbe sich auf den Boden stellten. Nunmehr wurden sie beschwert und bei der Fluth flofs das Wasser hinein. Alsdann füllte man sie mit Béton aus. Den Zwischenraum zwischen den gegenüberstehenden Kasten schüttete man später mit Bruchsteinen aus und das Ganze wurde über Wasser regelmäfsig ausgeglichen und übermauert.

Einige Jahre später wurde ein andrer Hafendamm in Ardrossan verlängert, und dieses geschah in gleicher Weise, jedoch mit dem Unterschiede, dafs Moffat die gusseisernen Böden durch hölzerne ersetzte, da die Wassertiefe hier nur 10 Fufs mafs, also die Kasten niedriger sein durften. Die Länge der letztern wurde dagegen auf 30 Fufs ausgedehnt, und um die Wände gegenseitig abzusteifen, wurden diese durch Zwischenmauern verbunden. Die Umfassungsmauern waren 20 Zoll und die Zwischenmauern 8 Zoll stark. Fig *O* auf Taf. XXXIII. *b* zeigt im Grundrifs mehrere dieser Kasten in ihrer Zusammenstellung am Kopf des Damms, sowie auch den Querschnitt derselben. Die ganze Art der Ausführung stimmte übrigens mit der beschriebenen überein, nur ist zu bemerken, dafs der 10 Fufs breite Boden aus 3zölligen Bohlen bestand, die nach der Quere verlegt waren, und worüber an beiden Seiten, also unter den Mauern, Balken gestreckt wurden. Vor Ausführung der Mauern mufste der Boden gedichtet und kalfatert werden.*)

*) The Civil Engineer and Architects Journal 1865. pag. 75.

Digitized by Google

§ 61.

Mauern auf Steinschüttungen.

Steinschüttungen sind ohne Anwendung von Taucherglocken und gewöhnlich auch unabhängig von dem Wasserstande und der Witterung von Schiffen oder von Rüstungen aus leicht auszuführen. Ihre Darstellung bietet daher vergleichungsweise mit Mauern, die auf dem natürlichen Grunde stehn, eine grofse Erleichterung, doch ist die Masse des verwendeten Materials in ihnen viel bedeutender. In derjenigen Tiefe, wo die Wirkung des Wellenschlags ganz oder doch beinahe aufhört, sind selbst bei kleinen Steinen Böschungen von ein und einviertelfacher Anlage genügend. Viel flacher müssen sie aber in gröfserer Höhe gehalten werden, es ist daher wichtig, zu wissen, in welcher Tiefe die Steine noch sicher liegen. Nach den in England, und zwar am Canal, gesammelten Erfahrungen ist diese Tiefe bei Alderney 18, bei Portland 12 und bei Plymouth 8 bis 10 Fufs unter dem Niedrigwasser der Springfluthen. Hiernach tritt eine wesentliche Verminderung des Steinquantums der Schüttung ein, wenn man sie nur bis zu dieser Höhe hinaufreichen läfst. Die Ausführung der Mauer ist alsdann aber noch schwierig und theuer. Will man den Bau der letztern erleichtern, und die Schüttung über jenes Maafs erhöhn, so pflegt man dem obern Theil eine so flache Böschung zu geben, dafs die hier liegenden Steine nicht herabrollen, sobald sie von den Wellen in Bewegung gesetzt werden. Wenn sonach das Material der Schüttung leicht zu beschaffen, auch der Fluthwechsel so gross ist, dafs die Schiffahrt durch die Steine nicht behindert wird, die im Niveau des niedrigsten Wassers liegen, so empfiehlt es sich, die Schüttung bis zu dieser Höhe ansteigen zu lassen. Wenn dagegen brauchbare Bruchsteine in der Nähe nicht vorkommen, wie dieses bei Dover der Fall ist, so wird der Bau am wohlfeilsten, wenn man die Mauer bis zum Meeresboden hinabführt, und die Schüttung ganz fortläfst. Es darf indessen nicht unerwähnt bleiben, dafs auch in gröfserer Höhe und zwar bis zum Wasserspiegel die flache Böschung sich vermeiden läfst, wenn man die Steine mit massenhaften Blöcken überdeckt, welche vom Stoss der Wellen nicht in Bewegung gesetzt werden.

Digitized by Google

Bei Beantwortung der Frage, ob und in welchem Maafse die Steinschüttung anzuwenden sei, kommen noch zwei andre Rücksichten in Betracht. Wenn nämlich der Grund, auf dem der Hafendamm steht, Sand oder feiner Kies ist, und dieser sich bis gegen das niedrigste Wasser oder wenig darunter erhebt, so treten in Folge der Strömungen, die sich daselbst wenn auch nur vorübergehend bilden, oft Vertiefungen ein, die eine Senkung des Damms veranlassen. Solche Bewegungen müssen bei Mauern möglichst vermieden werden, während sie bei Schüttungen von wenig Bedeutung sind. Will man daher auf letztere eine Mauer stellen, so darf dieses nicht früher geschehn, als bis keine weiteren Vertiefungen zu erwarten sind.

Zuweilen versinken die Steinschüttungen aber auch ohne dafs Vertiefungen hierzu Veranlassungen geben, indem der Untergrund comprimirt wird, oder vielmehr unter der starken Belastung seitwärts ausweicht. Bei einer hinreichend mächtigen und fest abgelagerten Sandschicht ist dieses nicht zu besorgen, wohl aber bei einer mehr oder weniger flüssigen Thonlage. In überraschender Art zeigte sich dieses beim Hafen Samarang auf der Nordküste von Java. Die vielfachen Klagen über Verflachung der Einfahrt in demselben gab Veranlassung, dafs die Verlängerung des westlichen Hafendamms um 86 Ruthen im Anfange des Jahrs 1876 beschlossen wurde. Da indessen die Bohrungen bis zur Tiefe von 10 Fufs überall ein Gemenge von Klei und Sand zeigten, auch die älteren Dämme stark versanken, so wollte man sich überzeugen, wie tief die neue Schüttung, die immer auf 2 bis 3 Fufs über Wasser gehoben wurde, herabsinken würde. Zu diesem Zweck wurden gufseiserne Platten, woran lange aufrechtstehende Eisenstangen befestigt waren, in Abständen $6^1/_3$ Ruthen vor dem Beginn der Schüttung auf den Grund gestellt. Die Wassertiefe mafs durchschnittlich 5, und am Ende 8 Fufs. Anfangs 1877 war die Schüttung 64 Ruthen weit fortgesetzt, und es ergab sich, dafs sie im Minimum etwa 20, meist aber gegen und bis über 30 Fufs in den Grund eingesunken war.*) Sie bestand vorzugsweise aus Steinbrocken, die nicht näher bezeichnet

*) Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1878—1879. Verhandelingen. Pag. 75.

Digitized by Google

sind, zum dritten Theil aus Basalten und in einer sehr geringen Menge aus Corallenstücken. Man bemerkte aber, dafs die Senkung jedesmal auffallend geringer war, wenn die Corallen die untere Schicht bildeten.

Die Steinschüttungen dürfen selbstverständlich nicht in der Art ausgeführt werden, dafs sie die Schiffahrt behindern oder gefährden. Es kommt aber nicht leicht vor, dafs Schiffe an die äufsere Seite eines Hafendamms oder Wellenbrechers anlegen. Dieses geschieht nur bei den Landungsdämmen, die entweder in den Hafen oder frei in das Meer vortreten. In sonstigen Fällen legen die Schiffe nur an die innere Seite des Hafendamms an. Hierzu mufs auch bei allen Wasserständen, bei denen der Hafen zugänglich ist, die Gelegenheit geboten werden. Die Steinschüttung darf sich daher an der innern Seite nicht so hoch erheben, dafs sie das unmittelbare Anlegen der Schiffe verhindert. Eine Ausnahme davon machen die sogenannten Sicherheitshäfen (harbours of refuge), die aber nichts weiter, als geräumige und gesicherte Ankerplätze sind. An die Wellenbrecher von Cherbourg, Cette, Plymouth legt niemals ein Schiff an, und an die Hafendämme Holyhead, Alderney und Portland geschieht dieses auch nur in sehr seltenen Fällen, es genügt also, wenn die Gelegenheit dazu zur Zeit des Hochwassers geboten ist. In dem neuen Hafen von Marseille, wo Fluth und Ebbe nicht stattfinden, hat man dagegen nicht nur an der Landseite für bequeme Anlege-Plätze reichlich gesorgt, sondern auch den Damm, der den Hafen von der See trennt, auf der innern Seite mit einer tief herabgeführten Einfassungsmauer versehn, an die gleichfalls Schiffe gelegt werden können.

Als Beispiel einer Mauer, die auf eine Steinschüttung gestellt ist, erwähne ich zunächst den nördlichen Hafendamm von Aberdeen, den Telford erbaute. Derselbe ist freilich keineswegs als Muster anzusehn, vielmehr war er zu leicht construirt und stürzte nach kurzer Zeit ein, nichts desto weniger kamen dabei doch manche eigenthümliche Anordnungen vor, die nicht mit Stillschweigen übergangen werden dürfen. Sein Profil schliefst sich sehr nahe an dasjenige an, welches mehrfach für Hafendämme gewählt ist, die vom natürlichen Grunde aus aufgemauert sind.

Aberdeen, auf der Ost-Küste von Schottland an der Mün-

Digitized by Google

dung des Dee gelegen, war schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts ein wichtiger Handelsplatz, und die Schiffe lagen in der Nähe der Stadt ziemlich sicher, doch war der Zugang durch eine Sandbank erschwert. Smeaton empfahl, auf der Nordseite einen Hafendamm zu erbauen, der die Ablenkung des Ebbestroms verhindern und letztern gegen jene Sandbank richten sollte. Ums Jahr 1773 wurde dieser Bau ausgeführt. Derselbe erfüllte auch in gewissem Grade seinen Zweck, aber nunmehr liefen die Wellen mit grösserer Heftigkeit in die Bucht ein, und die Sicherheit der daselbst liegenden Schiffe wurde gefährdet. Man entschlofs sich daher, den Damm noch weiter zu verlängern, und dieses geschah 1810. Das Project dazu war von Telford aufgestellt, und zwar erhielt diese Verlängerung das Fig. 161 dargestellte Profil. Dieses erwies sich indessen nicht als passend. Der Damm wurde bald darauf von den Wellen angegriffen und zerstört, und als nunmehr Rennie befragt wurde, so empfahl derselbe eine flache Steinschüttung, die auch zur Ausführung gekommen ist. Telford hatte unzweifelhaft bei der Anordnung dieses Baues insofern geirrt, als er die steile Steinschüttung, ohne dieselbe durch ein vortretendes Banket oder durch Ueberdeckung mit schweren Blöcken zu sichern, bis zum Niveau des niedrigen Wassers hinaufreichen liefs. Die äufsern Steine hatten nämlich keine gesicherte Lage, und sobald sie in Bewegung kamen, mufsten auch die Quadern, welche die Umschliefsung der innern Schüttung bildeten, herabfallen. Der Damm würde sich gehalten haben, wenn die Mauer etwa 10 Fufs tiefer herabgeführt worden wäre, aber freilich würde hierdurch der Bau auch wesentlich erschwert worden sein. Die Construction und die Art der Ausführung waren so gewählt, dafs weder Rüstungen noch Taucherglocke dabei nöthig waren, und der Bau nach Zurichtung der Quadern sehr schnell fortschritt. Auf der Krone des Damms, so weit diese fertig war, lagen zwei Eisenbahn-Stränge, und auf diesen stand am äufsern Ende der Doppelkrahn, der im II. Theil § 4 beschrieben und Fig. 26 dargestellt ist. Er fafste und versetzte die auf Eisenbahnwagen herbeigeführten Quadern. Aus diesen wurden aber nicht horizontale Schichten, vielmehr solche gebildet, die in der Längenrichtung des Damms 45 Grade gegen den Horizont geneigt waren. Diese Anordnung ist auch in andern Fällen gewählt

Digitized by Google

worden, um nicht den stärksten Angriff, der vorzugsweise in einer gewissen Höhe stattfindet, eine einzelne Schicht treffen zu lassen, die dadurch auf gröfsere Länge beschädigt, leicht den Einsturz der Mauer veranlassen könnte. Die starke Neigung gewährte aufserdem bei der Ausführung den Vortheil, dafs jeder Quader durch den folgenden schon beschwert wurde, und die Packung der Bruchsteine im Innern dem Fortschreiten der Wände stets folgen und denselben die nöthige Unterstützung bieten konnte.

Der Wellenbrecher bei Cherbourg ist schon oben (§§ 35 und 36) ausführlich beschrieben. Das Profil, welches derselbe schliefslich erhalten hat, ist in Fig. 162 in demselben Maafsstabe gezeichnet, in dem die sämmtlichen Profile auf diesem Blatt dargestellt sind, woher sich die Dimensionen leicht mit denen der andern Hafendämme vergleichen lassen.

Die hier gemachten Erfahrungen wurden von den Englischen Ingenieuren bei den Entwürfen zu Sicherheitshäfen mehrfach benutzt. Zunächst geschah dieses bei dem Hafen Holyhead am Irischen Canal, der gleichfalls einem sehr heftigen Wellenschlag ausgesetzt ist. Fig. 163 zeigt das Profil des von Rendel erbauten Damms. Wenn die Steinschüttung auch hier schon eine grofse Ausdehnung hatte, so ist sie dennoch viel geringer, als an dem später daran angebauten Flügel, wie das in gleichem Maafsstabe gezeichnete Profil desselben in Fig. 146 *C* auf Taf. XXXI zeigt. Aus welchem Grunde diese sehr bedeutende Verstärkung für nöthig erachtet wurde, ist nicht bekannt. Im Folgenden werden die Bauten bei Holyhead näher beschrieben werden.

Der Sicherheitshafen bei Portland ist gleichfalls von Rendel projectirt. Die Felsen-Insel Portland an der Südküste von England, zur Grafschaft Dorsetshire gehörig, tritt weit in den Canal vor. Eine niedrige Kiesbank, die sich von derselben in nordwestlicher Richtung etwa zwei Deutsche Meilen weit, bis Dorchester gegenüber, hinzieht, verbindet sie mit dem festen Lande. Diese Halbinsel bietet den auf der Ostseite liegenden Schiffen gegen westliche Winde Schutz, sobald jedoch der Wind sich südlich wendet, so sind dieselben einem heftigen Wellenschlag ausgesetzt, und werden um so mehr bedroht, als in solchem

Digitized by Google

Fall die Wiedergewinnung des offnen Meers für sie unmöglich wird. Die Hafen-Anlagen bestehn aus zwei Dämmen. Der erste erstreckt sich von der nordöstlichen Ecke von Portland in nordöstlicher Richtung 1800 Fufs weit in das Meer. Vor seinem Kopf befindet sich eine Oeffnung, die zum Ausgange der Schiffe bestimmt und 400 Fufs weit ist, in der also zwei Linienschiffe neben einander bequem vorbeifahren können. Auf ihrer nördlichen Seite schliefst sich an sie ein zweiter Damm an, der sich auf 6000 Fufs Länge nordwärts hinzieht. Der nördliche Kopf desselben ist noch drei Viertel einer Deutschen Meile von dem gegenüber liegenden Ufer, dem Vorgebirge Radcliff, entfernt. Dieser Kopf liegt genau westlich vom Vorgebirge St. Albans-Head, das $4^1/_2$ Deutsche Meilen davon entfernt ist. In die Bucht, welche durch die beiden Dämme geschützt ist, können daher starke Wellen von Norden her nicht eindringen, und sie bildet einen vollständig geschützten Busen von nahe einer halben Deutschen Meile Länge und einem Viertel Deutscher Meile Weite. Die Ausdehnung dieser Bucht, soweit das Wasser die für gröfsere Schiffe nöthige Tiefe hat, wird auf 2500 Morgen angegeben. Die Tiefe mifst aber in dem überwiegend gröfseren Theil 30 Fufs und mehr, ohnfern jenes Kopfes sogar 50 Fufs. Das Einsegeln der Schiffe bietet bei allen Winden keine Schwierigkeit, und der Hafen wird allgemein als eine sehr nützliche und gelungene Anlage angesehn. *)

Wiewohl specielle Beschreibungen dieses Hafens nicht bekannt geworden sind, auch die obigen Angaben der Länge der Dämme nur als annähernd richtig angesehn werden dürfen, so ergeben sich doch aus den verschiedenen, auf Veranlassung des Parlaments angestellten Vernehmungen, so wie auch aus einzelnen Mittheilungen in Englischen Zeitschriften manche wichtige Thatsachen. Vorzugsweise beziehn sich diese auf die Ausführung der Steinschüttungen. Es wurden dazu aus den in der Nähe befindlichen

*) Selbst die Times (vom 13. December 1862) erkennt dieses an, wiewohl sie meint, dafs unter sechs Englischen Häfen immer fünf unbrauchbar wären, und es sogar vorkäme, dafs man, wie bei St. Catharine's geschehn, die zweite Hälfte der bewilligten Summe dazu verwenden müsse, um dasjenige wieder zu beseitigen, was mit der ersten gebaut sei.

Digitized by Google

Brüchen Steine in allen Dimensionen verwendet, von 6 und 8 Tons Gewicht bis zu kleinen Splittern. Auf Eisenbahnen, die auf hohen Rüstungen lagen, und über die Durchfahrt hinweg nach dem zweiten oder nördlichen Damm führten, wurden diese Massen beigeschafft und verstürzt, bis sie einige Fufs über das höchste Wasser hinausragten. Nunmehr überliefs man die Schüttung längere Zeit hindurch der Einwirkung der Wellen. Nachdem diese die Steine in Bewegung gesetzt und die Oberfläche ausgeglichen hatten, wurde die Ausführung der Mauer begonnen. Letzteres war jedoch Anfangs nur auf dem ersten oder südlichen Damm geschehn, der sich unmittelbar an Portland anschliefst. Der zweite Damm bestand längere Zeit nur aus der Steinschüttung, und es war Absicht, auf dieser den Ueberbau nicht früher auszuführen, als bis das Bedürfnifs dazu sich herausstellen würde.

Fig. 164 zeigt den Durchschnitt durch den südlichen Damm. Von der Schüttung soll später die Rede sein, dagegen wäre über die Mauer hier zu erwähnen, dafs dieselbe bis zum niedrigsten Wasser herabreicht. Nachdem nämlich die Steine eine geschlossene Lage angenommen hatten, hob man sie in der Krone wieder aus, so dafs sich daselbst eine hinreichend tiefe und breite Rinne bildete, in welche die seeseitige Mauer gestellt werden konnte. Dieselbe besteht in der Aufsenfläche aus Granit-Quadern, an welche auf der Hafenseite ein Mauerwerk aus rohen Bruchsteinen von Portland sich anschliefst, die in Puzzolan-Mörtel versetzt sind. Die Mauer ist rückwärts durch Pfeiler verstärkt, die 20 Fufs von einander entfernt und durch gewölbte Kappen verbunden sind. Ueber den letztern, so wie auch über der Mauer befindet sich ein 15 Fufs breiter Weg nebst besonderm Fufspfad und Brustmauer auf der Seeseite. Ein zweiter, nahe 40 Fufs breiter Weg liegt auf der Hafenseite 15 Fufs tiefer. Bis zum Niveau desselben sind die Nischen zwischen den Strebepfeilern verfüllt und überpflastert. Auf jedem der beiden Wege befindet sich eine Eisenbahn, die Nischen werden aber als Kohlen-Magazine für die Kriegs-Marine benutzt. Zur Zeit des Hochwassers können selbst gröfsere Schiff sich dem Kai so nähern, dafs mit beweglichen Krahnen die Ueberladung von Kohlen, so wie auch von andren Ausrüstungs-Gegenständen mit Leichtigkeit erfolgt. Es wird gesagt, dafs in jeder Minute 1 Ton Kohlen an Bord ge-

Digitized by Google

schafft wird. Kleinere Forts sind an beiden Seiten der Durchfahrt und ein gröfseres auf dem nördlichen Ende des zweiten Damms erbaut.

Die Ausführung leitete Rendel und nach dessen Tode Coode, der bereits früher die specielle Aufsicht über den Bau geführt hatte. Zum Betrieb der Steinbrüche und bei andren Arbeiten, die keine besondere Uebung erforderten, wurden Strafgefangene benutzt, die zwar viel geringeren Taglohn, als freie Arbeiter erhielten, jedoch nach Coode's Aeufserung auch viel weniger leisteten, so dafs kein Vortheil hieraus sich ergab. Der Bau wurde 1849 begonnen und 1862 in den Steinschüttungen und in der Mauer auf dem ersten oder südlichen Damm beendigt. Bei dem ungewöhnlich heftigen Sturm am 25. October 1859 trat keine Beschädigung ein, wie solche hier überhaupt nie vorgekommen sein sollen.

In den erwähnten Vernehmungen wurde vielfach die Frage gestellt, ob seit Erbauung der Dämme eine Verminderung der Tiefe bemerkt worden sei. Die sämmtlichen vernommenen Sachverständigen sagten aus, dafs dieses nicht der Fall gewesen, und wiederholentlich wurde dabei die Erklärung abgegeben, dieses günstige Resultat rühre davon her, dafs dieser Sicherheitshafen zwei Oeffnungen habe, also eine gewisse Durchströmung desselben stattfinde. Coode stellte dieses aber, gewifs mit vollem Recht, in Abrede, und meinte, die Durchströmung sei so schwach, dafs sie die Niederschläge, wenn solche hier stattfänden, weder verhindern noch beseitigen könne. Das eintretende Wasser sei aber rein, und deshalb bildeten sich keine Verflachungen, oder dieses geschehe wenigstens in so geringem Maafse, dafs sie in der kurzen Zwischenzeit noch nicht bemerkbar werden konnten.

Fig. 165 zeigt das Profil des Hafendamms von Alderney, der in sehr bedeutender Tiefe erbaut ist. Die Insel Alderney, früher Aurigny genannt, liegt etwa 3 Deutsche Meilen westlich vom Cap la Hogue neben Cherbourg. Sie gehört zu England, und gewifs war es in militärischer Beziehung sehr wichtig, hier einen Hafen anzulegen. Derselbe ist auf der westlichen Seite der Insel durch einen in die See hinausgeführten Damm gebildet. Das Material zur Schüttung scheint hier minder fest, als bei Portland und Holyhead zu sein, jedenfalls war der Transport

Digitized by Google

auch theurer, woher man die Masse desselben durch eine steilere Böschung zu vermindern sich bemühte. Die Brüche befinden sich auf der Insel und sind etwa drei Viertel Deutsche Meilen von der Küste entfernt. Die Steine wurden auf Eisenbahnen an das Ufer angefahren, hier in Schiffe verladen und aus diesen verstürzt, bis sie 12 Fufs über Niedrigwasser der Springfluthen sich erhoben. Alsdann wurden darauf Rüstungen erbaut, und zwei stark geböschte Mauern aus Béton-Blöcken, seeseitig mit Granit-Quadern verblendet, ausgeführt. 6 Fufs über Hochwasser befindet sich auf der Hafenseite ein Weg von 25 Fufs Breite. Die Mauer erhebt sich auf der Seeseite bis 14 Fufs über Hochwasser, und darauf ist ein Fufspfad nebst Brustmauer angebracht.

Ueber diesen Bau wurden verschiedene ungünstige Nachrichten verbreitet. Die Times sagt, die Million Pfund Sterling, die er gekostet, sei ohne Nutzen ausgegeben. Der Capitän Belcher, Hydrograph der Admiralität, sprach in der Vernehmung von vielfachen Zerstörungen, die hier vorgekommen sein sollten. Der Hafendamm sei theilweise von den Wellen in den Hafen geworfen. Diese Aeufserung ist wohl in sofern mit Vorsicht aufzunehmen, als Belcher einen schwimmenden Wellenbrecher erfunden hatte, dessen Vorzüge vor den bisherigen Constructions-Arten er nachzuweisen sich bemühte. James Walker, der den Bau leitete, widersprach dieser Behauptung auf das Bestimmteste, und erklärte dieselbe für ganz unbegründet, was auch Capitän Washington bestätigte.

In den vorstehend beschriebenen Englischen Hafendämmen, wo senkrechte oder doch beinahe senkrechte Ueberbaue auf Steinschüttungen gestellt sind, hat man meist für die letztern dasjenige Profil gewählt, welches die Schüttung bei Cherbourg angenommen hatte, bevor die steile Mauer darauf gestellt wurde. Namentlich hat man jedesmal sehr flache Dossirungen auf der Seeseite bis zu derjenigen Tiefe angenommen, wo die starke Bewegung des Wassers aufhört. Thomas Stevenson empfiehlt dieses gleichfalls, und zwar aus dem Grunde, weil die einzelnen Wellen mit starker fortschreitender Bewegung, die er Roller nennt, jeden steil ansteigenden Bau zerstören würden, wenn sie nicht beim Uebergang über die flache Dossirung vorher geschwächt

Digitized by Google

wären. In § 54 war von solchen Wellen schon die Rede, auch wurde daselbst in Frage gestellt, ob sie überhaupt existiren.

Jedenfalls ermäfsigt sich wesentlich die Masse der Steinschüttung, wenn man auch auf der Seeseite eine steilere Böschung einführt. In Frankreich hat man bei neuen Hafen-Anlagen dieses berücksichtigt, und dabei nur die Vorsicht beobachtet, dafs man die steile Böschung mit sehr grofsen Blöcken belastete, damit bei schräge anlaufenden Wellen die kleineren Steine nicht etwa der Richtung derselben folgen, und dadurch vielleicht die Mauer schliefslich ihre sichere Unterstützung verliert. Bei dem Wellenbrecher vor Cette ist dieses freilich nicht geschehn, aber derselbe sollte ursprünglich eben so wie der Cherbourger Damm, nur aus der Steinschüttung bestehn, und man entschlofs sich erst später dazu, einen steilen Ueberbau darauf zu stellen. Wenn die daselbst gemachten Erfahrungen auch denen von Cherbourg ähnlich waren, so zeigten sich doch manche Erscheinungen hier noch auffälliger, als dort, auch sind einige eigenthümliche Anordnungen dabei zur Ausführung gekommen, woher eine kurze Beschreibung derselben sich rechtfertigen wird.

Der Hafen von Cette ist einer der bedeutendsten an der Französischen Küste des Mittelländischen Meers, obwohl die nächsten Umgebungen überaus öde und unfruchtbar sind. An den isolirten vor das Ufer tretenden hohen Berg schliefst sich auf beiden Seiten ein flacher Strand an, der wie die Nehrungen der Ostsee die dahinter liegenden Binnenseen vom Meer trennt. Die vorspringende Kuppe, der Berg von Cette genannt, bot schon in frühern Jahrhunderten bei westlichen Stürmen den auf der Ostseite liegenden Schiffen einigen Schutz, woher sich hier häufig eine grofse Anzahl derselben ansammelte. Bei Ausführung des Canals du Midi wurde Cette zum Haupt-Ausgange für denselben am Mittelländischen Meer bestimmt, und man baute 1666 den westlichen Hafendamm oder die Mole St. Louis. Dieselbe trat von dem erwähnten Berge aus in der Richtung von Westen nach Osten etwa 170 Ruthen weit vor, so dafs sie nicht nur die Mündung des Canals gegen südliche Winde schützte, sondern auch einen beschränkten Liegeplatz für Seeschiffe bildete, auf welchem dieselben gegen westliche und südliche Winde gesichert waren.

Digitized by Google

Bei östlichen Winden traten jedoch die Wellen mit grofser Heftigkeit hinein, und setzten die Schiffe in augenscheinliche Gefahr. Aus diesem Grunde wurde im Jahr 1700 auf der östlichen Seite des Canals ein zweiter Hafendamm, der Damm von Frontignan, begonnen, der sich von Norden nach Süden erstrecken und in Verbindung mit dem ersten ein geschütztes Hafen-Bassin bilden sollte. Der Bau verzögerte sich indessen über ein Jahrhundert, und erst 1819 war dieser etwa 240 Ruthen lange Damm bis in die Richtung der Mole St. Louis hinausgeführt. Die Entfernung der beiden Molenköpfe von einander oder die Weite der Hafenmündung betrug 950 Fufs.

So hatte man einen Hafen gebildet, der zwar hinreichende Räumlichkeit bot, indem er eine Ausdehnung von 44 Morgen hatte, aber bei südlichen Winden waren darin nur diejenigen Schiffe geschützt, welche auf der westlichen Seite lagen, während der gröfste Theil des Bassins einem heftigen Wellenschlag ausgesetzt blieb. Dieser Umstand war Veranlassung, dafs man in den Jahren 1820 bis 1830 noch einen isolirten Damm oder einen Wellenbrecher vor der Mündung des Hafens erbaute. Es war ursprünglich Absicht gewesen, statt seiner an den Damm von Frontignan einen Flügel anzuschliefsen, der sich vor der Mündung bis über die Mole St. Louis hinaus fortsetzen sollte. In diesem Fall wäre nur eine, und zwar eine nach Westen gerichtete Mündung dargestellt worden. Man ging indessen hiervon ab und entschlofs sich zu dem isolirten Damm, weil es für wichtig angesehn wurde, dem Hafen zwei entgegengesetzte Mündungen zu geben. Es hat sich jedoch später gezeigt, dafs die östliche Mündung stark verlandet, und es scheint, dafs man sie ganz wird schliefsen müssen, um dem Hafen seine Tiefe zu sichern.

Dieser Wellenbrecher, durchschnittlich auf 24 Fufs Wassertiefe erbaut, ist etwa 150 Ruthen lang. Indem er an beiden Seiten sich etwas nordwärts wendet, so bildet er in Verbindung mit dem frühern Hafen einen Ankerplatz von 50 Morgen Flächen-Inhalt. Die westliche Einfahrt ist 900 Fufs und die östliche 600 Fufs weit. Ohnfern des östlichen Kopfs des Wellenbrechers befindet sich ein Leuchtthurm, und zwei andre stehn auf den Köpfen der ältern Dämme.

Digitized by Google

Später sind noch andre wichtige Anlagen zur Sicherung und Erleichterung des Schiffsverkehrs bei Cette zur Ausführung gekommen. Namentlich fehlte es an hinreichend gesicherten Liegeplätzen, wo ein Ueberladen aus den See- in die Canalschiffe und umgekehrt erfolgen konnte. Zu diesem Zweck wurde zunächst der äufsere Theil des Canals von Cette vertieft und verbreitet, darauf aber auf der Ostseite desselben noch ein geräumiges Bassin, Canal maritime genannt, eingerichtet, das 240 Fufs breit ist und mit dem Vorhafen durch eine 74 Fufs weite Oeffnung in Verbindung steht. Dies setzt sich bis zum Bahnhof fort, der in den Etang de Thau hineingebaut ist.

Der Wellenbrecher wurde ursprünglich nach den damals geltenden Ansichten aus grofsen Bruchsteinen mit flacher Böschung angeschüttet. Die Erfolge waren jedoch auch hier dieselben, wie in allen andern ähnlichen Fällen. Die Steine wurden von den Wellen hin und her geworfen, bis sie über die Krone in den Hafen stürzten oder um die Köpfe des Damms in eine der beiden Mündungen traten. Man sieht in diesen zwei ausgedehnte Steinfelder zu Tage liegen. Jedes derselben mag etwa einen halben Morgen grofs sein. Wie bedeutend ihre Masse ist, läfst sich daraus entnehmen, dafs an den Stellen, wo sie liegen, die Tiefe früher 20 bis 24 Fufs mafs. Diese sämmtlichen Steine bildeten die äufsere Dossirung des Damms. Die Unhaltbarkeit dieser Constructions-Art ist vielleicht nirgend so auffallend hervorgetreten, wie hier, und dieses erklärt sich aus dem überaus heftigen Wellenschlag, der oft im Mittelländischen Meer eintritt.

Der weitern Zerstörung des Damms und der Verschüttung sowohl des Hafens, wie seiner beiden Mündungen mufste jedenfalls Einhalt gethan werden. Dieses ist dadurch geschehn, dafs man eine Mauer auf den Damm stellte. Fig. 166 zeigt das Profil derselben und der Steinschüttung. Die äufsere flache Böschung liefs sich ohne grofse Kosten nicht beseitigen. Um sie in ihrem obern Theil zu sichern, wurde sie mit grofsen Béton-Blöcken überdeckt. Es ergab sich aber, dafs solche Blöcke von 400 Cubikfufs Inhalt dem Wellenschlag noch nicht widerstanden, man mufste dieselben vielmehr bis auf 20 Cubikmeter oder 640 Cubikfufs vergröfsern. Es ist jedoch schon früher (§ 6) mitgetheilt worden, dafs selbst ein Block von 70 Cubikmeter oder 2240

Digitized by Google

Cubikfufs Inhalt bei heftigem Seegange hier noch auf die Böschung hinaufgestofsen wurde. Den untern Theil der Böschung mufste man sich selbst überlassen, weil seine Sicherung zu kostbar gewesen wäre, es bleibt nur übrig, die von hier aus in den Hafen geworfenen Steine auszuheben und zu beseitigen, sobald dieses nöthig sein wird.

Nachdem die Mauer ausgeführt war, erhöhte sich die Steinablagerung vor derselben so sehr, dafs sie fast die Krone der Mauer erreichte, doch wurde sie bei andern Winden wieder in Bewegung gesetzt, und man entschlofs sich daher sie zu befestigen. Dieses geschah, indem die Steine, wie die Figur zeigt, nach einer regelmäfsigen cylindrischen Fläche abgeglichen und vermauert wurden. Das Uebertreten von gröfsern und kleinern Blöcken wurde hierdurch keineswegs verhindert. Von den Treppen-Stufen an der innern Seite der Hafen-Mauer, die aus dem festen bei Cassis gebrochenen Stein bestehn, sind nicht nur Ecken und Kanten, sondern mehrfach Stücke von der Gröfse eines halben oder ganzen Cubikfufses abgebrochen, indem die hinübergeworfenen Steine darauf stürzten. Vor dem östlichen Kopf war im Jahr 1857, als ich dort war, die Steinschüttung bereits fortgetrieben, und man mufste hier durch eine Futtermauer unter Wasser den Ueberbau gegen Unterspülung sichern.

Die Krone der Mauer erhebt sich 19 Fufs über den mittlern Spiegel der See, sie ist $9^1/_2$ Fufs breit und senkt sich nach der Seeseite um 4 Zoll. Der Weg daneben liegt $4^1/_2$ Fufs über Wasser und ist $17^1/_4$ Fufs breit, das schwache Quergefälle ist nach dem Hafen gekehrt. Ueber die Construction dieser Mauer, die nur wenig unter den mittleren Wasserstand hinabreicht, ist nichts zu erinnern. Die Fabrikation und der Transport der Béton-Blöcke soll im Folgenden ausführlich beschrieben werden.

Wenn eine Steinschüttung nicht als selbstständiges Bauwerk, sondern nur als Unterlage für eine darauf zu stellende Mauer ausgeführt wird, so ist jene flache seeseitige Dossirung wohl entbehrlich. In Frankreich wird dieselbe bei neuen Anlagen auch jedesmal vermieden. Wie sehr sie nachtheilig ist, haben die Erfahrungen bei Cette gezeigt, aufserdem bedarf es kaum einer Andeutung, dafs der ganze Bau um Vieles wohlfeiler wird, wenn die Schüttung so steil bleibt, dafs sie nur so eben noch

Digitized by Google

sicher steht. Dabei wäre freilich zu besorgen, dafs die Steine durch den Wellenschlag seitwärts fortgetrieben und dadurch der Mauer ihre sichere Unterstützung genommen würde, doch läfst sich dieser Gefahr durch Anwendung grofser Béton-Blöcke begegnen. Dieselben decken in diesem Fall nicht nur den obern Theil der Schüttung, sondern sobald diese am Fufs angegriffen wird, sinken sie von selbst nach, und wenn man an den gefährdeten Stellen auf der Mauer selbst die Blöcke formt, so darf man sie von hier nur herabstürzen, um die Deckung jederzeit, so weit es nöthig ist, zu vervollständigen. Diese sehr grofsen Blöcke gewähren aber ohne Vergleich mehr Sicherheit, als die kleinern Steine der Schüttung, auch tritt nach den in Frankreich gemachten Erfahrungen sehr bald eine so feste Ablagerung ein, dafs schon nach wenigen Jahren das Bedürfnifs der weiteren Sicherstellung beinahe ganz aufhört, und nunmehr ein Hafendamm gebildet ist, der mit den geringsten Unterhaltungs-Kosten sich dauernd erhält, und keinen der nachtheiligen Erfolge der früher üblichen Steinschüttungen zeigt.

Als Beispiel dieser Anordnung mufs vorzugsweise der Hafendamm von Marseille angeführt werden, dessen Profil Fig. 167 darstellt. Dieser Bau in Verbindung mit der ganzen Hafen-Anlage ist so wichtig, dafs er einer ausführlichen Beschreibung bedarf. Dieselbe wird später besonders gegeben werden. Es wäre hier nur zu bemerken, dafs bei diesem Damm die innere Mauer, an welche Schiffe anlegen, auf Béton fundirt ist. Das Banket auf der äufsern Seite der hohen Hafenmauer ist nur für die Fabrikation der Béton-Blöcke bestimmt.

In einem andern Hafen am Mittelländischen Meer, nämlich in Port Vendres, wurde eine ähnliche Construction gewählt, wie Fig. 168 zeigt. Sie hat sich hier in Folge mancher zufälligen Umstände zwar nicht bewährt, indem der Damm durchbrochen und an seinem Kopf zerstört wurde, die dabei gemachten Erfahrungen liefsen indessen erkennen, dafs andre Constructions-Arten, und namentlich Steinschüttungen in diesem Fall dem Andrang der Wellen noch weniger widerstanden haben würden, und dafs der Unfall nicht sowohl durch die gewählte Anordnung des Baues, als vielmehr durch die Uebereilung in der Ausführung veranlafst sei. Man nahm daher auch keinen Anstand, bei der

Digitized by Google

Wiederherstellung dasselbe Profil beizubehalten. Als ich im Herbst 1857 dort war, hatte man in diesem Sinn die Vorbereitungen zum Neubau getroffen.

Der Hafen Port Vendres wird durch die weite, tief einspringende, und durch eine enge Mündung sehr sicher geschlofsne Bucht zwischen hohen Felsufern gebildet. Es ist also ein natürlicher Hafen, der nur einer geringen Nachhülfe bedurfte, um allen Erfordernissen eines Nothhafens zu entsprechen.

Die erwähnte Bucht, zwischen zwei Felsrücken gelegen, die von den Pyrenäen auslaufen, ist etwa 600 Ruthen lang und nach Nordost geöffnet, doch tritt in ihrer Mündung von der Südseite her ein Riff etwa 60 Ruthen weit vor, das aus einzelnen Felsen besteht, die zum Theil hoch über Wasser vorragen. Das dahinter liegende Becken ist gegen 100 Ruthen breit und spaltet sich an seinem hintern Ende in zwei Arme, die nordwestlich und südlich gekehrt sind. Vor der Spaltung mifst die Tiefe 30 bis 50 Fufs, und in jenen Armen noch 20 Fufs.

Bei der Abgelegenheit des Hafens und dem Mangel an bequemen Land-Verbindungen, so wie bei der geringen Ertragsfähigkeit des Bodens der nächsten Umgebungen konnte sich ein commercieller Verkehr hier nicht bilden. Weit reger, jedoch nur auf Fischerböte beschränkt, war der Verkehr in der nächsten Bucht neben dem Städtchen Calioure, das nur durch einen schmalen Bergrücken von dem in Rede stehenden Hafen getrennt ist.

Port Vendres war früher zum Kriegshafen bestimmt. Mehrere Forts auf den höchsten, nahe belegenen Bergkuppen und neben der Strafse von Perpignan schützen den Hafen auf der Landseite, während ein Fort auf der Nordseite und drei auf der Südseite ihn nach der See hin decken. Die beiden erwähnten Arme oder Buchten sind mit Kais umgeben, und der südliche, der bis auf 10 Meter oder 32 Fufs vertieft sein soll, hält ungefähr 17 Morgen. Auf der Südseite desselben hat man hinter einem 13 Ruthen breiten Kai eine hohe Terrasse abgeglichen, welche theils zu militärischen Zwecken benutzt, und theils in einen Park verwandelt werden sollte. Letzteres war indessen nicht geschehn, und der Hafen, in welchem bei meiner Anwesenheit nur eine einzige kleine Brigg lag, zeigte mit den wenigen am Fufs der

Digitized by Google

hohen Bergwände stehenden Häusern eine seltene Oede und Verlassenheit. Man wollte 1848 noch ein drittes Bassin, auf der Ostseite des südlichen, in einem kleinen Seiten-Thal als eigentlichen Kriegshafen anlegen, auch war der Bau bereits definitiv angeordnet, als die politischen Ereignisse dieses verhinderten. Im Anfange des Jahres 1857 wurde die Anlage eines Kriegshafens ganz aufgegeben, und Port Vendres war, wie die übrigen Französischen Handelshäfen, unter das Ministerium der öffentlichen Arbeiten gestellt.

In welcher Weise man die Verflachung dieses Hafens durch die von den Bächen herbeigeführten Kiesmassen zu verhindern gesucht hat, ist bereits § 39 mitgetheilt, der Erfolg war indessen wohl nur auf sehr kurze Zeit beschränkt, da die Räumung der Ablagerungs-Bassins unterblieben war. Die Einfahrt in den Hafen ist auf der Nordseite durch ein kleines Feuer bezeichnet, während auf der Südseite in geringer Entfernung, 730 Fuſs über dem Meere, auf Cap Béarn ein Küstenfeuer erster Ordnung brennt.

Der wichtigste Bau ist der erwähnte Hafendamm, der vom südlichen Ufer aus in die Mündung tritt, und theils das Felsriff überdecken, theils aber den Wellenschlag im Hafen bei nordöstlichen Winden mäſsigen sollte. Derselbe war 1854 auf 75 Ruthen Länge fertig geworden. Er besteht, wie Fig. 168 zeigt, groſsentheils aus Béton-Blöcken von 15 Cubikmeter oder 475 Cubikfuſs Inhalt, doch sind dieselben nicht aus Béton geformt, vielmehr aus lagerhaften Bruchsteinen eines festen Thonschiefers in hydraulischem Mörtel aufgemauert. Sie wurden in demjenigen Thal, welches man früher zu dem eigentlichen Kriegshafen bestimmt hatte, angefertigt und auf einer Eisenbahn bis zur Mündung des Hafens verfahren. Die Anlage dieser Bahn verursachte groſse Schwierigkeiten, da man sie nicht durchweg neben den Hafen legen konnte, weil einzelne Bergrücken zu weit vortraten. Man muſste daher zwei unterirdische Strecken unter den Forts Béarn und Mailly durchbrechen, von denen jede etwa 35 Ruthen lang ist.

Man machte den Anfang damit, daſs man zwei Reihen Blöcke versenkte, und den Zwischenraum mit Steinschüttung füllte. Sodann wurden zwei andre Reihen theils auf die ersten und theils auf die Schüttung gestellt, auch zwischen diesen der mittlere

Digitized by Google

Raum mit Steinen verfüllt, und nunmehr über das Ganze zwei Lagen der gemauerten Blöcke versetzt. Auf diese, also noch einige Fufs unter Wasser, wurde eine Béton-Schüttung aufgebracht, die sich bis zum Wasserspiegel erhob, worüber man den Oberbau zwischen Quadermauern, aus Bruchsteinen ausführte. Die seeseitige, sehr steile Böschung bestand vorzugsweise aus grofsen künstlichen Blöcken, wozwischen indessen auch Bruchsteine geschüttet waren.

1855, also ein Jahr nach Beendigung des Baues, wurde bei einem heftigen Sturm aus Ost-Nordost der Kopf auf $12\frac{1}{2}$ Ruthen Länge, und aufserdem zwischen zwei hohen Felsen, die 20 bis 30 Fufs sich über das Meer erhoben, noch eine Strecke von 20 Ruthen Länge zerstört. Die Ingenieure betrachteten dieses Ereignifs als dasjenige, welches an der ganzen Französischen Küste die stärkste Wirkung des Wellenschlags erkennen liefs. Wenn auch auf dem Hafendamm von Algier und in der Fundirung des Forts Bayard (neben der Insel Aix, ohnfern la Rochelle im Atlantischen Ocean) die künstlichen Steinblöcke gleichfalls umhergeschleudert wurden, so hatten diese doch nur geringere Dimensionen als diejenigen, die man hier aus Vorsicht bereits angenommen hatte, auch war dort die Zerstörung keineswegs so ausgedehnt wie hier. Dazu kam noch, dafs bei Port Vendres die Blöcke nicht frei nebeneinander lagen, sondern eine starke Uebermaurung sie bereits bedeckte.

Als Ursache dieses Unglücks wurde vorzugsweise die Eile bezeichnet, womit der Bau beendigt werden sollte. Bevor man auf Steinschüttungen oder auch auf künstliche Blöcke eine Mauer stellen darf, müssen diese durch kräftigen Wellenschlag in den Sand oder Kies, wo solcher darunter liegt, gehörig eingedrungen, und aufserdem in sich auch fest abgelagert sein. Obwohl im vorliegenden Fall gewachsner Felsboden frei lag, so war derselbe doch stellenweise mit Kies überdeckt, und dieser konnte von dem während des Wellenschlags mit Heftigkeit hindurchdringenden Wasser leicht fortgespült sein, wodurch der ganze Bau die Unterstützung verlieren und brechen mufste.

Bei dem überaus klaren Wasser war deutlich zu bemerken, dafs die Brustmauer auf der Seeseite lag, während der dahinter befindliche Weg stellenweise sich noch erhalten hatte und loth-

Digitized by Google

recht herabgesunken war. Eine grofse Anzahl der künstlichen Blöcke war hafenwärts getrieben und lag oft in grofser Tiefe. Kein einziger derselben war indessen zerbrochen, und sie zeigten sämmtlich noch die regelmäfsige Form und dieselbe Gröfse, die sie ursprünglich erhalten hatten.

Demnächst wurde auch das Fortlassen des äufern Bankets, das sonst nicht nur zur Anfertigung neuer Blöcke dient, sondern auch die Masse der Uebermaurung bedeutend vergröfsert, als Ursache der Zerstörung betrachtet. Ohne Zweifel trugen aber die hohen Felsen der Umgebung noch wesentlich zur Verstärkung des Wellenschlags bei. An der Stelle, wo der Damm durchbrochen war, erweitert sich zwischen den Felsen die Oeffnung trichterförmig nach dem Meer, und hier mufsten die Wellen, wie in solchem Fall immer geschieht, viel höher, als im offnen Meer anschwellen. Gewifs ist es, dafs der ganze Bau wegen mangelhafter Unterstützung zerbrach, und diese rührte vielleicht davon her, dafs sich Höhlungen im Innern bildeten, oder vielleicht (und dieses ist nach der Lage der Brustmauer noch wahrscheinlicher) dafs die äufsere Böschung versank oder über die Brustmauer fortgetrieben wurde. Nachdem aber die Uebermaurung in ihrer Verbindung gelöst war, so stiefsen die Wellen die einzelnen Theile derselben, so wie auch später die Schüttung und die Béton-Blöcke in den Hafen.

Schliefslich mufs noch einer andern Constructionsart der Hafenmauern erwähnt werden, wobei diese nicht aus Werkstücken, noch auch aus einzelnen Béton-Blöcken, sondern aus einer zusammenhängenden Béton-Masse bestehn. Eine Steinschüttung, die meist bis zum niedrigsten Wasserstande sich erhebt, oder nur wenig darunter bleibt, bildet den Unterbau. Indem man aber einen in sich verbundenen Damm darstellt, so mufs man vor Ausführung desselben sich jedenfalls überzeugen, dafs in der Steinschüttung kein ferneres Sacken, noch Bewegungen im Innern zu besorgen sind.

Ein Bauwerk dieser Art wurde um das Jahr 1850 bei Fiume begonnen, der Damm tritt indessen nicht in das Adriatische Meer, sondern in die Quarnero-Bai, die durch davor liegende Inseln wesentlich geschützt ist. Man führte indessen hier die Steinschüttung nicht bis zum Wasserspiegel hinauf, son-

Digitized by Google

dern liefs sie noch 22 Fufs darunter. Ihre Kronenbreite mafs 52 Fufs, und die beiderseitigen Böschungen hatten $1\frac{1}{2}$-fache Anlage. Die Wassertiefe betrug 70 Fufs. Auf dieser Schüttung steht die 24 Fufs breite und 29 Fufs hohe Mauer, die seeseitig mit einer Brustmauer versehn wurde. Der Béton, aus Santorin-Erde, Kalk, Sand und Steinstücken zusammengesetzt, wurde in grofse hölzerne Formkasten verstürzt, die man auf die Krone der Steinschüttung gestellt hatte. Die Kasten waren 30 Fufs lang, $26\frac{1}{2}$ Fufs breit und 24 Fufs hoch. Sie hatten keine Böden, der Béton legte sich also unmittelbar auf die Steine. Die Füllung eines solchen Kasten nahm 10 Tage in Anspruch, und nach 15 bis 20 Tagen hatte der Béton solche Festigkeit angenommen, dafs man die Seitenwände abnehmen und zur Aufstellung eines neuen Formkastens benutzen konnte. Die Fugen zwischen je zwei solchen Blöcken wurden demnächst seitwärts durch leichte Tafeln geschlossen und gleichfalls mit Béton gefüllt.

Nach den über diesen Bau gemachten Mittheilungen vom Jahr 1864*) hatte derselbe bis dahin sich unversehrt erhalten. Der beabsichtigte Damm wurde indessen nur zum kleinsten Theil ausgeführt, da man die Ueberzeugung gewann, dafs die sehr kostspielige Verbesserung des Hafens zwecklos sei, so lange keine bequemen Verbindungen mit dem Binnenlande eröffnet wären.

Aehnliche Constructionen sind auch in manchen Häfen des Mittelländischen Meeres zur Ausführung gekommen, doch setzen sich die Bétonmauern wohl in keinem andern Fall bis zu solcher Tiefe unter Wasser fort. Auch in dem Umschliefsungsdamm des Marseiller Hafens hat man auf der innern Seite, die also dem Wellenschlag der See nicht ausgesetzt ist, die Umfassungsmauer aus Béton ausgeführt (Fig. 167).

Wichtiger sind die aus Béton ausgeführten Umschliefsungsmauern der weit vor die Ufer vortretenden Dämme oder Molen, an welche vor Triest die Schiffe anlegen. Man benutzt auch bei diesen die Santorin-Erde und es dürfte angemessen sein, zunächst über dieselbe noch einige Mittheilungen zu machen, da sie im ersten Theil dieses Handbuchs (§ 46) nicht eingehend behandelt ist.

---

*) Annales des ponts et chaussées 1864 I. pag. 397.

Digitized by Google

Die Santorin-Erde hat mit dem Trafs und der Puzzolane die Eigenschaft gemein, dafs sie in Verbindung mit Kalk unter Wasser erhärtet, doch unterscheidet sie sich von beiden dadurch, dafs sie nicht in einer festen und zusammenhängenden Masse bricht, sondern in feinen Körnchen, wie Sand, sich vorfindet. Ohne Zweifel vermindern sich dadurch die Kosten ihrer Gewinnung und Verwendung, doch zeigt sie sich niemals so rein, wie guter gemahlner und gesiebter Trafs, auch steht ihre Bindekraft der des letztern nach, und jedenfalls erhärtet der aus ihr bereitete Mörtel langsamer als Trafsmörtel, und namentlich als Cement. Nichts desto weniger gewinnt sie doch nach und nach eine bedeutende Festigkeit, und bei ihrem sehr mäfsigen Preise kann man leicht durch gröfsere Dimensionen ersetzen, was ihr an innerer Güte abgeht.

Die Santorin-Erde ist eine vulkanische Asche, die sich auf der kleinen Insel Santorin im Aegäischen Meer in grofser Menge vorfindet. Ihre Lagerungs-Verhältnisse und chemische Zusammensetzung dürfen hier übergangen werden*), es wäre nur zu erwähnen, dafs ihr Preis in Triest sich etwa auf 10 Pfennige für den Cubikfufs stellt.

Die Mörtel-Bereitung erfolgt in der Art, dafs man zu 6 bis 7 Theile Santorin-Erde 2 Theile gelöschten Kalk zusetzt, und mit möglichst wenig Seewasser daraus einen recht steifen breiartigen Mörtel darstellt. Derselbe wird aber nicht sogleich verbraucht, weil in diesem Fall beim Versenken ins Wasser die Kalktheilchen sich lösen. Man bildet daher kleine Haufen von etwa 10 Cubikfufs Inhalt und läfst diese zwei bis drei Tage an der Luft liegen. Die Masse wird alsdann viel fester, läfst sich jedoch zwischen den Fingern nicht nur zerreiben, sondern auch kneten. Diese schüttet man zugleich mit den kleinen Steinen, ohne dafs dieselben vorher mit dem Mörtel vermengt waren, in den zur Anfüllung mit Béton bestimmten Raum. Etwa nach einem Monat ist die Masse soweit erhärtet, dafs man die Umschliefsung beseitigen kann.

Dieses Material wird sowohl in Venedig, wie in Triest und

*) Nachrichten hierüber sind in Förster's allgemeiner Bauzeitung, Jahrgang 1848 Seite 53 ff. mitgetheilt.

Digitized by Google

in den Häfen an der Illyrischen Küste vielfach angewendet. In welcher Art dieses in Triest, und zwar zur Darstellung des Molo St. Carlo geschehn ist, mag zunächst hier angedeutet werden, während die nähere Beschreibung des Hafens bei Gelegenheit der neuesten Verbesserungen desselben mitgetheilt werden soll.

Fig. 169 zeigt das Profil des Molo St. Carlo, an den ausschliefslich die dem Lloyd gehörigen Dampfböte anlegen. Dieser Damm tritt bis auf die Tiefe von 36 Fufs hinaus. Eine Steinschüttung bildet seine Basis, die jedoch so tief unter Wasser bleibt, dafs weder die Steine von den Wellen in Bewegung gesetzt, noch auch das Anlegen der gröfsten Schiffe behindert wird. Auf dieser Schüttung stehn zwei Béton-Mauern, die bis zum niedrigsten Wasser hinaufreichen, und auf welchen bis über das höchste Wasser Mauern in Werksteinen ausgeführt sind. Im Innern befinden sich Strebepfeiler gleichfalls aus Béton, welche die ersten Mauern unterstützen, und der Zwischenraum ist mit Bruchsteinen ausgefüllt und überpflastert.

Was die Ausführung dieser Bétonmauern betrifft, so wurde mir darüber die Mittheilung gemacht, dafs man, ehe noch die Steine auf den ziemlich weichen Boden geschüttet werden, einige Pfähle einrammte, die keinen andern Zweck hatten, als das Aufstellen der Kasten für die Versenkung des Bétons zu erleichtern. Diese Kasten wurden in der Art, wie Fig. 175 auf Taf. XXXV zeigt, etwa in 30 Fufs Länge auf dem Ufer vollständig zusammengesetzt, und auf der Binnenseite rings umher mit horizontalen, gegen die Stiele genagelten Bohlen verkleidet. Man schob sie alsdann in das Wasser und brachte sie schwimmend auf die inzwischen ausgeführte Steinschüttung und belastete sie mit Steinen, die man an die Köpfe der obern Ankerbalken hing. Um sie noch vollständiger zu sichern, legte man darüber hochkantige Bohlen, die an die erwähnten Pfähle befestigt wurden. Sobald der eingeworfene Béton erhärtet war, stiefs man mittelst langer Stemmeisen die auswärts vortretenden Köpfe der Anker ab. Dadurch wurden die Zangen frei, und die ganzen Wände, aus Stielen und Bohlen bestehend, lösten sich und schwammen auf. Wenn man alsdann noch die Pfähle auszog, so stand die Béton-Mauer ganz frei. In derselben befinden sich freilich noch

Digitized by Google

die mittlern Theile der hölzernen Anker, die sich nicht beseitigen liefsen, die aber auch unschädlich sind.

Man wird ohne Zweifel diese Construction, namentlich auf dem weichen Untergrund, sehr gewagt finden. Es sind auch in der That dabei wiederholentlich bedenkliche Bewegungen eingetreten. Ueberraschend ist es schon, zu sehn, dafs die eisernen Laternen-Pfosten sich stark übergeneigt haben, indem sie den Bewegungen der Mauer folgten. Auch die Deckplatten über den Mauern lassen leicht die entstandenen Unregelmäfsigkeiten erkennen, und es ist sogar vorgekommen, dafs der vordere Theil eines Molo bis unter das Wasser versank und mehrere Fufs hoch aufs Neue überhöht werden mufste.

In neuster Zeit sind in diesem Hafen sehr bedeutende Bauten ausgeführt, wodurch derselbe wesentlich verbessert ist. Fig. 178 auf Taf. XXXV zeigt die gegenwärtige Situation, doch sind darin durch schwache Linien auch die nunmehr verschütteten frühern Ufer und die aus denselben in die See vortretenden Werke angegeben. Die wesentliche Umgestaltung des Hafens in seiner nördlichen Hälfte begann erst im Jahr 1869 und ist auch wohl gegenwärtig noch nicht vollständig beendigt.

Früher traten, wie im südlichen Theil des Hafens die Figur zeigt, nur eine Anzahl schmaler Dämme, ähnlich dem Molo St. Carlo in die See, während die daran oder davor liegenden Schiffe dem heftigen Wellenschlag bei westlichen Stürmen ausgesetzt waren. Der mit *M* bezeichnete Wellenbrecher oder isolirte Damm existirte damals noch nicht. Es waren indessen drei kleine Binnenhäfen vorhanden, die mehr oder weniger abgeschlossen, einigen Schutz boten, denen aber die erforderliche Tiefe fehlte, die also nur von kleinern Fahrzeugen benutzt werden konnten.

Vor die weite und tiefe Bucht, welche den frühern Hafen bildete, tritt von der südlichen Ecke aus zunächst ein Damm, Molo di St. Teresa weit vor, auf dessen verbreitetem Kopf ein Fort erbaut ist (*T* in der Zeichnung). Hier steht auch der etwa 100 Fufs hohe Leuchtthurm, dessen Licht in jeder Minute einmal verschwindet. Der nächste gröfsere Hafendamm ist der Molo Giuseppino (*G*), der mit dem ersten einen Binnenhafen umschliefst, der weniger dem allgemeinen Verkehr geöffnet ist, als er vielmehr nur für militärische Zwecke benutzt wird, indem Casernen

Digitized by Google

und Artillerie-Depots ihn auf der Südseite einschliefsen. Eine Anzahl kürzerer Dämme treten in ihn hinein, unter denen der Molo Sartorio der längste ist.

Verfolgt man das Ufer weiter, so trifft man zunächst den Molo Porporella (*P*) und dann den Molo St. Carlo (*C*). Der letzte wurde vorzugsweise für den Verkehr benutzt, da er sich an ein geräumiges Kai anschliefst, auch soweit vortritt, dafs mehrere tief gehende Schiffe an ihn anlegen können.

Hinter dem Molo St. Carlo bemerkt man einen in die Stadt führenden Canal, Canale grande genannt. Derselbe eröffnet aber keineswegs eine weitere Wasserverbindung. Er ist nur 100 Ruthen lang und endigt vor der Kathedrale am Fufs des hoch ansteigenden Ufers.

Der nächste Hafendamm war der Molo del Sale (*S*), der jedoch gegenwärtig vollständig in dem weiter herausgerückten Ufer liegt. Das frühere Ufer setzte sich vom Molo St. Carlo bis zum Molo Klutsch (*K*) in gerader Linie fort. Hinter dem letzten befand sich ein kleiner Binnenhafen oder die Darsena (*D*), der durch einen von der andern Seite vortretenden Damm gegen Wellenschlag gesichert war. In diesen Hafen mündete der vom hohen Ufer herabstürzende, in der Stadt aber meist überwölbte Bach Klutsch (*BK*), der, wie die punktirte Linie zeigt, jetzt weiter hinaus geführt ist.

Von der Mündung dieses Hafens ab war das Ufer nicht mehr durch Mauern eingefafst, sondern nur durch Steinschüttung gegen Abbruch gesichert. In demselben befand sich endlich noch der Lazareth- oder Quarantainehafen (*L*), und in denselben ergofs sich der Bach Martesin (*BM*), der gegenwärtig gleichfalls eine andre Mündung erhalten hat.

In diesem Zustand befand sich der Hafen, als die Oesterreichische Südbahn nach Triest geführt wurde, und nunmehr stellte sich das Bedürfnifs zu Verbesserungen dringend heraus. Bisher war der Handel ziemlich beschränkt geblieben, da die nächsten Umgebungen nur sterilen Boden zeigten und spärlich bevölkert waren, die Abfuhrwege nach dem Erzherzogthum Oesterreich durchschnitten aber die Alpen und gestatteten daher keinen starken Frachtverkehr. Die grofsen Mängel des Hafens, der allen Seeschiffen leicht zugänglich war, gaben sich also bisher weniger

Digitized by Google

zu erkennen. Sie bezogen sich zunächst auf die ganz ungeschützte Lage der darin einlaufenden Schiffe. Es war eigentlich kein Hafen, sondern nur eine offene Rhede, auf der bei den vorherrschenden Westwinden ein heftiger Wellenschlag eintrat. Einer noch gröfsern Gefahr waren die Schiffe beim Eintritt der Bora, eines Sturms von Ostnordost, also von der Landseite her, ausgesetzt. In der Nähe des Ufers konnten sich dabei zwar keine Wellen bilden, aber dieser Wind traf die Schiffe mit solcher Kraft, dafs weder Anker noch gewöhnliche Duc d'Alben den nöthigen Widerstand boten, und daher zur sichern Befestigung der Schiffe eine grofse Anzahl ausgedehnter Holzverbindungen von quadratischem Querschnitt errichtet waren. Diese letzten Schutzmittel müssen auch für die Zukunft genügen, der Wellenschlag bei westlichen Winden liefs sich aber durch Hafendämme wesentlich mäfsigen.

Demnächst waren die Anlegestellen für tief gehende Schiffe überaus beschränkt und es fehlte vollends an geräumigen Kais, während die wenigen vorhandenen nahe 30 Fufs unter dem Planum der Eisenbahn lagen.

Unter diesen Umständen wurde das Project zu einem isolirten Damm oder Wellenbrecher aufgestellt, der etwa 70 Ruthen vom Kopf des Molo St. Theresa beginnen und sich bis vor den Lazareth-Hafen hinziehn sollte, so dafs neben dem letzten eine zweite Mündung des Hafens von etwa 50 Ruthen Weite sich gebildet hätte. Der Damm würde im nördlichen Theil dem Ufer viel näher gelegen haben, als der nunmehr ausgeführte. Es scheint, dafs nach diesem Project die Ufer nahe unverändert bleiben sollten.

Diese Anordnung fand indessen keinen Beifall, und da die Bahn inzwischen an eine französische Gesellschaft verkauft war, so wurde Pascal, der Ingenieur des Hafens von Marseille, zur Aufstellung eines Projects veranlafst, das Fig. 178 zeigt, und dessen Ausführung von der Gesellschaft für die Anschlagssumme von $17\frac{1}{2}$ Millionen Gulden auf Kosten der Regierung übernommen wurde.

Aus der Situationszeichnung ergiebt sich, dafs hierdurch nur derjenige Theil des Hafens verbessert ist, der sich unmittelbar an die Eisenbahn anschliefst. Das Ufer ist hier etwa 60 Ruthen

Digitized by Google

weit hinausgerückt, und dadurch ein grofser Raum für die Ausdehnung des Bahnhofs gewonnen. Von demselben treten aber vier 250 bis 300 Fufs breite und 600 Fufs lange Dämme vor, auf welchen zwei oder drei Geleise liegen, während die Tiefe daneben das Anlegen grofser Schiffe gestattet. Im Abstande von 500 Fufs vor den Köpfen dieser Dämme ist in der Länge von 280 Ruthen der Wellenbrecher ausgeführt, an den auf der nördlichen Seite noch ein Flügel sich anschliefst, der den Wellenschlag in dem durch ihn gebildeten Hafen bei nordwestlichen Winden mäfsigt. Die Tiefen sind in der Situations-Zeichnung in Wiener Fufsen angegeben, die von den Rheinländischen nur im Verhältnifs von 140 : 139 abweichen.

Bei diesen Neubauten zeigte sich wieder, wie schon bei Instandsetzung des Molo St. Carlo erwähnt worden, der Untergrund als ganz lose. Die Bohrungen ergaben, dafs derselbe bis 50 Fufs unter Mittelwasser aus Schlamm bestand, der anfangs dickflüssig war, nach und nach etwas fester wurde, aber erst in der angegebenen Tiefe eine stärkere Beimischung von Sand enthielt. Den festen, tragfähigen Boden erreichte man nicht früher, als bis man gegen 120 Fufs unter Wasser herabgekommen war. Der Schlamm bestand grofsentheils aus dem durch die Wellen fein zerriebenen Mergel, der hier im Allgemeinen die Bodenformation bildet.

Nach dem genehmigten Project sollte eine Schüttung aus besonders grofsen Bruchsteinen gebildet, hierauf die Umfassungsmauern aus Béton-Quadern im Verbande doch ohne Anwendung von Mörtel gestellt und demnächst mit Kalksteinbrocken hinterfüllt werden. In dieser Art wurde auch der Bau der nördlichen Mole begonnen. Dabei versanken aber nicht nur die Mauern, sondern, sobald man die Hinterfüllung begann, wurden auch die Mauern seewärts weit herausgedrängt, und als man darauf in gleicher Weise in der ursprünglichen Richtung eine neue Mauer ausführte, wurde auch diese hinausgeschoben, so dafs zwei Mauern theils unter Beibehaltung der lothrechten Richtung und theils stark übergeneigt an der Stelle standen, wo die Schiffe liegen sollten. Mit den Mauern drang aber auch der Boden seitwärts heraus und bildete da, wo früher die grofse Tiefe gewesen war, hohe und flach abfallende Böschungen.

Digitized by Google

Diese ersten Ausführungen mufsten also mit grofsen Kosten und grofsem Zeitverlust beseitigt werden, und es wurde nunmehr in folgender Art verfahren.

Die Steinschüttungen, welche die Umfassungsmauern sowohl der Molen, wie der dazwischen liegenden Ufer tragen sollten, verstürzte man nicht auf die obern Ablagerungen des Bodens, vielmehr wurde dieser zunächst 25 bis gegen 40 Fufs tief unter Mittelwasser ausgehoben. Die untere Lage der Schüttung bestand aber aus Steinen, die angeblich bis 50 Cubikfufs hielten. Diese sollen noch 10 Fufs tiefer in den Grund eingedrungen sein. Darüber wurden Steine von verschiedener Gröfse mit kleinern Brocken vermengt geschüttet, bis sie Dämme bildeten, deren Krone $38\frac{1}{2}$ Fufs in der Breite mafs und 19 Fufs unter Wasser lag, während die äufsere Böschung vierfüfsig, die innere aber zweifüfsig war. Gleiche Schüttungen wurden auch unter den Köpfen der Molen, und je zwei ähnliche, jedoch mit geringerer Kronenbreite und mit beiderseitiger steiler Böschung im Innern jeder Mole, quer durch dieselbe ausgeführt, so dafs je drei Felder entstanden, die bald darauf wieder bis 19 Fufs unter Wasser mit feinerem Steinmaterial verfüllt wurden.

Diese Schüttungen blieben längere Zeit hindurch dem Wellenschlag ausgesetzt und wurden, so oft sie versanken, immer in den angegebenen Profilen wieder hergestellt, bis sie keine weitere Bewegungen zeigten. Alsdann wurde zur Ausführung der Umfassungsmauern übergegangen. Dieselben bildete man aus sehr grofsen Bétonblöcken, die ohne Mörtel versetzt wurden. Sie waren sämmtlich 4,8 Fufs hoch und 6,4 Fufs breit und 10,5 oder 11,8 Fufs lang. Sie hielten also 320 oder 360 Cubikfufs und bestanden aus zerschlagenen festeren Steinen, Sand und Kalk von Theil, also dem in Frankreich ziemlich allgemein für Bauten an der See benutzten Kalk. Derselbe bricht an der Rhone im Departement Ardéche. Im Folgenden wird eingehender von ihm die Rede sein.

Die Blöcke wurden, nachdem die Oberfläche der Schüttung einigermaafsen regulirt war, mittelst eines Dampfkrahns reihenweise neben einander gelegt, so dafs sie mit ihren kleinsten Seitenflächen zusammenstiefsen. Indem aber vier Schichten mit gehöriger Abwechselung der Stofsfugen aufgebracht waren, so er-

Digitized by Google

reichte diese 6,4 Fuſs starke Mauer den Spiegel des Niedrigwassers.

In diesem Zustande blieb die Mauer und der ganze Bau wenigstens ein Jahr hindurch, oder wenn alsdann noch Bewegungen eintraten, bis zwei Jahre, sich selbst überlassen. Dabei wiederholte es sich mehrfach, daſs man gezwungen war, einzelne Theile dieser Mauern wieder aufzunehmen und neu aufzuführen.

Wenn endlich keine Bewegung mehr bemerkt wurde, so führte man darüber die Werksteinmauern aus, die sich $9\frac{1}{2}$ Fuſs über Mittelwasser erhoben. Hierauf erfolgte die Verschüttung der Molen bis zur Höhe der Mauern, und nachdem wieder einige Zeit verstrichen war, ging man endlich zur Beseitigung der neben den Molen emporgehobenen Schlamm-Massen und zur vollständigen Vertiefung der Wasserflächen zwischen und vor den Molen bis auf 32 Fuſs über. Groſsentheils war diese Tiefe, wie auch die Situation zeigt, bereits vorhanden gewesen. Diese Arbeit wurde aber durch die Steinmassen sehr erschwert, welche die äuſsere Böschung bilden sollten, und die beim Ausweichen des Grundes vorgeschoben waren.

Bei Ausführung des Wellenbrechers wurden die vorstehend erwähnten Erfahrungen benutzt und die Bauart stimmt daher in mancher Beziehung mit derjenigen der Molen überein. Fig. 178. a zeigt das Querprofil des isolirten Damms. Nachdem die Steinschüttung bis 19 Fuſs unter Niedrigwasser aufgeführt war, blieb sie wieder längere Zeit den Wellen ausgesetzt, bevor der Oberbau begonnen wurde, und wenn alsdann die nöthigen Regulirungen vorgenommen waren, wurde wieder auf der Hafenseite aus vier über einander gelegten Schichten jener Bétonblöcke eine Mauer von 6,4 Fuſs Stärke bis zum Niveau des Niedrigwassers aufgeführt. Dieselbe steht aber nicht unmittelbar am Rande der Schüttung, vielmehr befindet sich davor noch ein 4 Fuſs breites Banket. Die Schüttung auf der Seeseite wurde bis zur Höhe des Niedrigwassers und zwar unter Beibehaltung derselben Böschung fortgeführt, von hier ab aber $6\frac{1}{2}$ Fuſs hoch in Mörtel übermauert. Auch die anschlieſsende Dammkrone wurde theils in Werkstücken, theils in Bruchsteinen übermauert. Die Breite derselben miſst 38 Fuſs und neben ihr erhebt sich die 6 Fuſs

Digitized by Google

hohe und oben $4\frac{1}{2}$ Fuſs breite Brustmauer. An den äuſsern Rand der letzten schlieſst sich die Steinschüttung an.

Die Schüttung, welche in der Tiefe von 19 Fuſs sehr nahe 100 Fuſs Breite hat, besteht keineswegs aus gleichartigem Material, vielmehr sind dabei fünf verschiedene Sorten von Steinen verwendet. Die feinste, oder der Steinschrott bildet den innersten Kern des Damms, alsdann folgt, wie die Zeichnung auch andeutet, gröberes Material und die gröfsten und schwersten Steine bedecken den obern Theil der seeseitigen Dossirung.

Welche Dimensionen diese verschiedenen Materialien hatten, ist nicht bekannt. Grofsentheils bestanden sie aber aus dem in unmittelbarer Nähe brechenden ziemlich festen Mergel, während die gröfseren und festeren Blöcke aus vier Brüchen gewonnen wurden, die $2\frac{1}{2}$ Meilen entfernt waren. Im Ganzen wurden für die neuen Dämme und Ufer $1\frac{1}{3}$ Millionen Schachtruthen gebraucht und es wird gerühmt, dafs im Jahr 1871 längere Zeit hindurch täglich 900 Schachtruthen verstürzt sind. Von dieser Masse versank indessen ein grofser Theil in den Schlamm. Aus der Vergleichung des zur Aufführung des isolirten Damms verstürzten Materials mit dem Profil ergab sich, dafs die Schüttung etwa 25 Fuſs tief in den Grund eingedrungen ist*).

Aus welchem Grunde die äufsere Dossirung des isolirten Damms bis zur Krone der darauf stehenden Brustmauer fortgesetzt ist, wird nicht mitgetheilt. Diese Krone liegt $12\frac{1}{2}$ Fuſs über dem gewöhnlichen Niedrigwasser, das Hochwasser steigt aber nach der Mittheilung von Bömches zuweilen bis $6\frac{1}{2}$ Fuſs über dieses. Bei Weststürmen werden also die Wellen gewifs darüber laufen, und da ihre Bewegung nirgend unterbrochen wird, so werden sie die dahinter belegene Wasserfläche stark beunruhigen, und wahrscheinlich auch eine Masse Steine auf die Dammkrone und vielleicht sogar über diese fort in den Hafen werfen.

*) Vorstehende Mittheilung ist grofsentheils entnommen aus einer Beschreibung des Baues, die der Bau-Inspector F. Bömches in den memoires de la société des Ingénieurs civils, 1877 bekannt gemacht hat. Eine Uebersetzung derselben findet man in der Tijdschrift van het Kongl. Instituut van Ingenieurs 1878—1879. Pag. 85.

Digitized by Google

§ 62.

Flache Steindämme.

Es ist bereits (§ 54) mitgetheilt, dafs man im Anfang dieses Jahrhunderts sowohl in Frankreich und England, wie auch bei uns, Hafendämme, die einem besonders starken Angriff ausgesetzt waren, aus Bruchsteinen oder auch aus Granitgeschieben bildete, die über einander gestürzt, und später abgepflastert wurden. Ob dabei der Kern des Damms aus Senkstücken oder irgend einem andern Material bestand, war gleichgültig, indem die äufsern Lagen allein dem Angriff der Wellen ausgesetzt waren. Dafs aber solche Steinschüttungen selbst ohne Abpflasterung sich dauernd erhielten, schienen die am Cherbourger Damm gemachten Erfahrungen zu beweisen (§ 35), dessen Profil lange Zeit hindurch dasselbe blieb. Hierzu kam noch eine andre Erfahrung, dafs nämlich der nur aus Sand bestehende Strand zuweilen bei dem heftigsten Wellenschlag sich nicht verändert.

Es mögen zunächst die Erscheinungen, die man am natürlichen Strand wahrnimmt, mit denjenigen zusammengestellt werden, welche eine Steinböschung bei starkem Wellenschlag zeigt, und dabei mufs an die Bewegungen erinnert werden, die im Sand eintreten, wenn derselbe von den Wellen getroffen wird. Der Unterschied zwischen beiden Erscheinungen beruht in der That nur auf der Gröfse der einzelnen Körper. Der Stofs des dagegen schlagenden Wassers ist unter übrigens gleichen Umständen der Ausdehnung der getroffenen Fläche, also dem Quadrat des Durchmessers, der Widerstand dagegen dem Gewicht oder der dritten Potenz des Durchmessers proportional. Das Sandkorn wird also viel leichter in Bewegung gesetzt als der gröfsere Stein. Sodann kommt aber auch die Höhe, bis zu welcher die Dossirung ansteigt, in Betracht. Der Strand befindet sich vor einem höhern Ufer. Der von den Wellen bewegte Sand kann daher nicht über den Strand fortgestofsen werden, er lagert sich also vor dem Ufer ab, wenn er nicht zurückgetrieben wird, und verbreitet sonach den Strand. Die Steinschüttung eines Hafendamms erhebt sich dagegen niemals bis zu solcher Höhe, dafs die Wellen nicht darüber schlagen sollten. Wollte man dieses bei den hef-

Digitized by Google

tigsten Stürmen noch erreichen, so müfste nach den § 6 mitgetheilten Erfahrungen der Schüttung eine übermäfsige Höhe und Breite gegeben werden, was niemals geschehn ist.

Bei schwachem Wellenschlag kann man die Bewegungen deutlich wahrnehmen, welche die einzelnen Sandkörnchen in der Oberfläche des Strandes machen. Die über den flach ansteigenden Grund auflaufende Welle hat sich aus der schwingenden bereits in eine fortschreitende Welle verwandelt, die ganze Wassermasse hat daher die starke Bewegung angenommen. Sie stöfst die ihr entgegenstehenden Körnchen vor sich hin und zwar rechtwinklig gegen die Richtung des Strandes, wenn die Wellen rechtwinklig dagegen laufen. Das aufgeworfene Wasser fliefst unmittelbar darauf wieder in entgegengesetzter Richtung zurück, und soweit es sich nicht in den Grund einzieht, über die Oberfläche fort, wobei es den darüber gespülten Sand, wenn er nicht ein festes Lager gefunden hat, wieder mit sich herab führt. Es ergiebt sich hieraus, dafs nach den zahllosen Wiederholungen dieser Bewegung, wenn sie immer dieselbe bliebe, schliefslich eine Ablagerung erfolgen mufs, die sich nicht weiter verändert, wenn auch auf derselben die Körnchen fortwährend hin und her treiben.

Auch bei grobem Kies oder feinerem Steingerölle ist dieselbe Erscheinung in stärkerem Wellenschlag wahrzunehmen. Vor der Stubbenkammer auf der Insel Rügen wird der Strand aus den Feuersteinknollen gebildet, die beim Abbruch der Kreide-Ufer zurückgeblieben sind, und durchschnittlich vielleicht 3 bis 4 Zoll im Durchmesser halten. Man sieht nicht nur, dafs dieselben von den Wellen hinaufgestofsen werden, und alsdann wieder zurückrollen, sondern Letzteres ist auch deutlich zu hören, indem beim Herabrollen ein klapperndes starkes Geräusch entsteht. Dabei zeigt sich aber ein auffallender Unterschied gegen den aus Sand bestehenden Strand, insofern die Feuersteinknollen wegen der gröfsern Dimensionen eine viel steilere Böschung bilden.

Anders gestaltet sich die Erscheinung, wenn die Wassermasse der Wellen nicht rechtwinklig, sondern schräge gegen den Strand sich bewegt, wenn also die Wellen an sich schon diese Richtung haben, oder ein starker Küstenstrom dieses veranlafst. Bei verschiedenartig gefärbtem Sande oder wenn man ein kleines darauf liegendes Steinchen ins Auge fafst, bemerkt

Digitized by Google

man, wie dasselbe schräg heraufgestofsen wird, beim Herabrollen aber sich rechtwinklig gegen den Strand bewegt, oder in geringem Maafse dabei noch die seitliche Bewegung behält, also in beiden Fällen Wege beschreibt, welche die Form von Sägezähnen haben. Die Körnchen treten alsdann nicht auf ihre frühere Stelle zurück, sondern wandern sämmtlich längs des Strandes weiter. Dabei bleibt aber dennoch die Form des Strandes unverändert, wenn von der andern Seite in gleicher Weise immer neuer Sand hinzugeführt wird.

Auch bei dem Kies geschieht dasselbe. Das Vorgebirge Arcona auf Rügen besteht gleichfalls aus Kreide mit eingesprengten Feuersteinen. Letztere bilden wieder den Strand unmittelbar davor, südwärts geht das hohe Ufer aber bald in Thonboden über, in welchem keine Feuersteine, sondern nur einzelne Granitgeschiebe vorkommen. Nichts desto weniger besteht vor demselben der Strand zunächst noch aus den Feuerstein-Knollen. Dieselben vermengen sich aber bald mit Sand und werden immer seltner, je weiter man das Ufer verfolgt, und endlich verschwinden sie ganz. Die nordöstlichen Winde veranlassen hier den stärksten Wellenschlag und treiben den Kies von Arcona südwärts.

Die vorstehenden Erfahrungen beziehn sich allein auf den Theil des Strandes, der über Wasser tritt. Unter Wasser übt die fortschreitende Welle denselben Stofs aus, während der Widerstand der getroffenen Sandkörner oder Steine ein geringerer ist, weil beide einen grofsen Theil ihres Gewichts im Wasser verloren haben. Mit Sicherheit ist also anzunehmen, dafs die Bewegungen hier noch in stärkerem Maafse und zwar in ähnlicher Art eintreten. Unmittelbar vor dem Strande kann man bei schwachem Wellenschlag dieses an den unter Wasser liegenden Sandkörnchen auch wahrnehmen, die sich bei jeder Welle auf- und ab bewegen.

Von besonderer Wichtigkeit ist in der vorliegenden Untersuchung das Verhalten der sogenannten Riffe, oder derjenigen Ablagerungen, die parallel zum Strande vor demselben sich hinziehn. Bei ihrer Ausbildung oder Umgestaltung und Bewegung erheben sie sich niemals über Wasser. Sie treten dagegen darüber hervor, wenn nach einem vorhergehenden Sturm das Wasser den niedrigen Stand wieder einnimmt. Man sieht sie alsdann

Digitized by Google

häufig unmittelbar neben dem Strand liegen, während sie früher von demselben noch weit entfernt waren. Ihre äufsere und innere Böschung zeigt alsdann eine wesentliche Verschiedenheit. Jene ist eine fest abgelagerte Sandschicht, diese dagegen besteht aus Triebsand, in den man tief einsinkt. Letzterer ist also eine neue Ablagerung. Die Wellen stiefsen von der seeseitigen Dossirung die Körnchen hinauf und über die Krone fort, worauf sie in dem stilleren Wasser zu Boden sanken, sich aber nur lose über einander legten. Das Riff macht also dieselbe Bewegung, wie eine wandernde Düne. Die Körnchen in der Oberfläche der seeseitigen Böschung werden über die Krone auf die Binnenseite gestofsen, wo sie eine auffallend steilere Neigung annehmen. Auf dem Rücken oder der Krone des Riffs bleiben aber diese Körnchen nicht liegen, weil hier der Stofs der höher anschwellenden Welle besonders stark wird. Die Erhöhung des Riffs über eine gewisse Grenze hinaus, die unter dem dermaligen Wasserstand liegt, ist also unmöglich. Ueber die seitliche Bewegung der Sandkörnchen, wenn die Wellen das Riff schräg treffen, sind zwar keine directen Beobachtungen gemacht, doch mufs solche nach den allgemeinen Gesetzen auch hier eintreten.

Diese regelmäfsigen Bewegungen, welche gar keine, oder doch nur eine sehr langsame Umformung des Strandes veranlassen, stellen sich nur bei gleichmäfsigem Wellenschlag ein. Ein solcher findet aber in voller Schärfe niemals, und bei heftigem Sturm am wenigsten statt. Schon die Bewegung der Luft ist alsdann keineswegs dauernd dieselbe. Es treten häufig besonders heftige Stöfse ein, auch bemerkt man, dafs die Windfahnen keineswegs anhaltend stille stehn, vielmehr nehmen sie bald diese, bald eine andere Richtung an, und auf den Wasserflächen bemerkt man sehr deutlich, dafs verschiedene Wellensysteme neben einander bestehn, die mehr oder weniger ausgebildet sind, und sich durchkreuzen, ohne sich gegenseitig zu zerstören. Durch ihr Zusammentreffen geben sie zum Entstehn besonders hoher Wellen Veranlassung, wie schon § 1 erwähnt.

Unter diesen Umständen kann es nicht fehlen, dafs selbst auf einem ganz regelmäfsig ausgebildeten und flach abfallenden Strand einzelne Stellen zuweilen besonders stark angegriffen werden und sich plötzlich vertiefen. In den meisten Fällen ver-

Digitized by Google

schwinden solche Vertiefungen bald wieder, indem die folgenden Wellen die Ausebnung veranlassen. Nicht selten dehnen sich aber diese Unregelmäfsigkeiten sehr schnell weiter aus, und verursachen bei heftigem Sturm und namentlich auf einem ziemlich steil ansteigenden Strand in kürzester Zeit eine auffallende Erniedrigung desselben. Der landseitige Rand der ersten Vertiefung erhebt sich viel steiler als die umgebende Ablagerung, er wird also von der dagegen stofsenden Welle stark getroffen, und das zurückfliefsende Wasser, das darüber herabfällt, reifst eine Masse Sand mit sich, indem es zugleich den Boden aufs Neue angreift. Der Rand weicht also zurück, und indem jede neue Welle einen gleichen Angriff ausübt, so setzt sich der Abbruch immer weiter fort. Bald hat sich in gröfserer oder geringerer Ausdehnung eine mehrere Fufs hohe Stufe gebildet, die bei der Annäherung an das Ufer auch an Tiefe zunimmt. Das Ufer, das bisher durch den hohen Strand gegen den heftigen Wellenschlag gesichert war, wird alsdann viel stärker getroffen. Indem die Zerstörung sich aber auch unter den Wasserspiegel fortsetzt, so verliert der Strand gewöhnlich nicht nur an Höhe, sondern auch an Breite, und man sieht häufig, dafs nach einem Sturm die See dem höhern Ufer viel näher gekommen ist, als sie vielleicht am vorhergehenden Tage noch war.

Aus dieser Zusammenstellung der Erscheinungen, die auf und vor dem natürlichen Strand eintreten, erklären sich die bereits erwähnten (§ 40) Zerstörungen und Beschädigungen der aus Steinschüttung bestehenden Hafendämme, die mit keiner steil ansteigenden Mauer versehn sind. Auch hier werden die grofsen Steine des Hafendamms eben so, wie die feinen Sandkörnchen des Riffs, von der äufsern Böschung über die Krone fort auf die innere geworfen, und es tritt die fortschreitende Bewegung ein. Bei dem Wellenbrecher von Plymouth, der noch durch keine Mauer gegen fernere Zerstörungen gesichert ist, zeigt sich diese Erscheinung, und so wie in Swinemünde, ist auch hier die innere Böschung weiter vorgetreten. Bei Cette füllte sich dagegen der Raum vor der Mauer mit losen Steinen an, und dieselben bildeten bis zur Krone wieder die Fortsetzung der Böschung. Auf diese werden noch jetzt Steinmassen hinaufgetrieben, die auf der innern Seite herabstürzen (§ 61).

Digitized by Google

Eine andre und noch gefährlichere Art der Zerstörung tritt bei Hafendämmen ein, wenn die Böschung nicht regelmäfsig geformt ist, also wenn Vertiefungen sich darin befinden, die unter Wasser sich doch kaum vermeiden lassen. Alsdann bildet sich ähnlich wie auf dem Strand eine steile Stufe, die sich schnell der Krone nähert und dabei immer tiefer wird. Die gelösten Steine werden aufwärts gestofsen und zum Theil reifst sie das zurückfliefsende Wasser wieder herab. Auf diese Art zeigen sich nicht selten unmittelbar neben dem über Wasser tretenden Theil der Dossirung grofse Vertiefungen, in welche auch die Krone herabstürzt, und wodurch, wenn nicht schleunigst neue Schüttungen bewirkt werden, ein vollständiger Durchbruch des Damms herbeigeführt werden kann. Auch diesem Uebelstand wird in hohem Grade vorgebeugt, wenn eine steile Brustmauer das Ueberwerfen der Steine verhindert oder doch wesentlich mäfsigt. Nichts desto weniger ist in dieser Beziehung dennoch stets grofse Aufmerksamkeit und schleunige Abhülfe beim ersten Entstehn einer solchen Vertiefung geboten.

Die vorstehende Betrachtung bezieht sich auf den einfachsten Fall, in welchem die Wellen den Damm normal treffen, also die gelösten Steine nur auf und ab, aber nicht seitwärts bewegt werden. Augenscheinlich geschieht dieses nur selten, und gewöhnlich laufen die Wellen schräg auf. In gleicher Richtung stofsen sie auch die Steine fort, und wenn diese nicht die Krone erreichen, so rollen sie auf einem andern Wege herab, oder rücken bei jeder Bewegung, die sie machen, nach Maafsgabe der Richtung der Wellen nach der einen oder der andern Seite weiter. Einen ähnlichen Erfolg kann auch eine Strömung veranlassen, wenn solche längs des Hafendamms sich hinzieht. Da diese aber wohl niemals so kräftig wird, wie der Stofs der Wellen, namentlich gegen schweres Stein-Material, so darf von ihr abgesehn werden.

Indem der Damm in das Meer hineintritt, so treffen die anlaufenden Wellen denselben in solcher Richtung, dafs sie die Steine vom Kopfe nach der Wurzel, also nach dem Ufer hin treiben. Dieses zeigte sich sehr auffällig an der Swinemünder östlichen Mole nach dem Sturm im December 1863. Auf der seeseitigen Böschung hatten sich zwei hohe Haufen von Steinen

Digitized by Google

aufgethürmt, der vordere, der dem Kopf am nächsten lag, bestand aus den gröfsten Blöcken, während die kleineren von den schwächern Wellen noch weiter landwärts getrieben waren und hier den zweiten Haufen bildeten.

In dieser Weise ist der Kopf einer Mole, die aus Steinschüttung besteht, am meisten der Zerstörung ausgesetzt. Derselbe wird aber auch noch in andrer Weise angegriffen. Die Wellen, die ihn seitwärts treffen, üben nämlich auch auf die davorliegende Böschung, welche die Verlängerung der Mole bildet, denselben Einfluſs aus. Sie stossen die einzelnen Steine vor sich fort, entweder hinter die Mole oder in die Mündung des Hafens. Das erstere ist weniger nachtheilig, da die Steine hier der Schifffahrt nicht hinderlich sind, auch wohl bei andern Winden, die sich mehr der Richtung der Mole anschlieſsen, wieder von den Wellen gefaſst und auf die äuſsere Böschung geschoben werden. Wenn sie dagegen in die Mündung des Hafens kommen, wo der Wellenschlag sich mäſsigt, so bleiben sie daselbst liegen und sperren mehr oder weniger das Fahrwasser. Sie häufen sich oft in der bedenklichsten Weise an. Namentlich geschieht dieses, wenn man zur Sicherung des Kopfs die Böschung desselben immer aufs Neue durch Steinstürzungen ergänzt, also immer neue Massen derselben Bewegung aussetzt.

Es ist schon früher (§ 40) erwähnt worden, daſs die Häfen von Donaghadee und Dunmore in Irland auf diese Weise vollständig gesperrt wurden, und daſs auch in die Mündung des Swinemünder Hafens ein solches Riff von der Ostseite her sich vorschob. Auch am Kopf der Norder-Mole vor Pillau trat dieselbe Erscheinung ein.

Es ergiebt sich aus Vorstehendem, daſs, wenn man durch Steinschüttung einen Hafendamm in den üblichen Dimensionen ausführen will, der gegen Zerstörungen gesichert sein soll, man die Bewegung der Steine in der Oberfläche unbedingt verhindern muſs. Dieselben müssen also durch ihr Gewicht, oder ihre Lage gegen die Einwirkung der Wellen vollständig geschützt sein.

Diese Bedingung läſst sich in zweifacher Weise erfüllen. Entweder besteht die obere Lage der Böschungen aus sehr grofsen Steinen, oder die Schüttung bleibt in einer solchen

Digitized by Google

Tiefe unter Wasser, wo die Wellenbewegung schon mäfsig wird, und aus diesem Grunde ein Forttreiben der einzelnen Blöcke nicht mehr besorgt werden darf.

Was das erste dieser beiden Mittel betrifft, so darf man die Kraft der Wellen bei heftigem Sturm nicht unterschätzen, und es sind vielmehr die bereits früher (§ 6) mitgetheilten Erfahrungen zu beachten. Obwohl der östliche Hafendamm vor Swinemünde gegen westliche Stürme geschützt ist, so sind die würfelförmig gesprengten Schwedischen Granitblöcke von 30 bis 50 Cubikfufs Inhalt dennoch bei Nordost-Stürmen auf die Krone und über dieselbe fort getrieben worden. Man darf also, wenn man in dieser Weise den Damm sichern will, nicht mehr daran denken, die Schüttung mit natürlichen Blöcken zu überdecken, da der Transport derselben, wenn sie die erforderliche Gröfse hätten, zu schwierig sein würde. Es bleibt daher nur übrig, künstliche Blöcke, und zwar möglichst nahe an der Stelle, wo sie verwendet werden sollen, anzufertigen. In Französischen Seehäfen ist dieses in neuster Zeit vielfach und meist mit gutem Erfolg geschehn, wenngleich, wie schon erwähnt, dennoch dabei zuweilen Bewegungen eingetreten sind, die man für unmöglich halten möchte. Diese Ueberdeckung mufs sich soweit unter Wasser fortsetzen, als der Wellenschlag noch kräftig einwirkt. Die zu schützende Fläche wird daher um so breiter, je flacher die Dossirung ist. Es giebt aber keinen Grund, weshalb dieselbe besonders flach gehalten werden sollte. Mögen die einzelnen Steine gröfsere oder geringere Dimensionen haben, so setzen sie dem Stofs der Wellen einen um so bedeutendern Widerstand entgegen, je steiler die Fläche ist, auf der sie ruhn und die sie zunächst ersteigen müssen. Es genügt daher, die Böschung nur etwas flacher zu halten, als diejenige Neigung ist, wobei die Schüttung in ruhigem Wasser noch steht. Eine zweifache Anlage ist unter allen Verhältnissen als genügend anzusehn und selbst die $1\frac{1}{2}$- und sogar die $1\frac{1}{4}$fache hat man oft gewählt und ausreichend befunden.

Die Ueberdeckung wird selbst an kleineren Meeren, wie an der Ostsee, noch bis etwa 8 Fufs unter Wasser fortzusetzen sein, und mufs sich über den ganzen darüber befindlichen Theil der äufsern Böschung, und selbst über die Krone erstrecken. Sie

Digitized by Google

läfst sich indessen auf der letztern und im obern Theil der Böschung sehr vortheilhaft durch Uebermaurung ersetzen. Es kommt nämlich nur darauf an, grofse Massen darzustellen, die dem Stofs der Wellen den nöthigen Widerstand entgegensetzen, und diesen Zweck erfüllt sehr vollständig eine Uebermaurung aus Bruchsteinen, die in gehörigem Verbande und in schnell erhärtendem hydraulischen Mörtel versetzt sind. Auf der Steinschüttung des Wellenbrechers bei Cherbourg ist dieses mit sehr günstigem Erfolg geschehn, wiewohl das Mauerwerk nur bei Niedrigwasser ausgeführt werden konnte, und jeder Theil desselben unmittelbar nach seiner Darstellung von der Fluth bedeckt wurde. Auch in unsern Häfen haben solche Uebermaurungen sich unversehrt erhalten. Die Kosten dafür stellten sich aber niedriger heraus, als wenn in der bisher üblichen Art die grofsen Schwedischen Granitblöcke zur Abpflasterung verwendet wurden.

Eine wesentliche Bedingung für das Gelingen solcher Uebermaurung bezieht sich darauf, dafs die darunter befindliche Steinschüttung fest abgelagert ist und sich nicht mehr bewegt oder nachsinkt. Man darf daher die Uebermaurung nicht sogleich vornehmen, wenn aber vollends der Kern des Damms aus Senkstücken besteht, setzen sich die Versackungen eine Reihe von Jahrzehnten hindurch fort, und das Aufbrechen der gemauerten Decke läfst sich dabei nicht vermeiden. Hiervon abgesehn, wird zuweilen noch später der Eintritt einer Bewegung dadurch veranlafst, dafs die tiefer liegenden Theile der Böschungen zerstört werden, und die Steine, welche die Uebermaurung tragen, herabstürzen. Dieses kann theils durch Strömung und theils durch Wellenschlag verursacht werden. Wenn die Strömung vor dem Fufs der Böschung eine Vertiefung erzeugt, wobei der untere Theil der Schüttung herabstürzt, so mufs man durch neue Schüttungen der Gefahr begegnen. Solche Strömungen pflegen vorzugsweise an der Hafenseite einzutreten, während sie an der Seeseite, mit Ausschlufs des Kopfs, weniger von Bedeutung sind. Als der Swinemünder Hafen ausgebaut wurde, hatte das Fahrwasser, das sich unmittelbar neben der östlichen Mole hinzieht, nicht entfernt die Tiefe, welche es gegenwärtig angenommen hat. Nichts desto weniger ist der Damm auf dieser Seite niemals bedroht worden, weil die von der andern Böschung gelösten und

Digitized by Google

hinübergeworfenen Steine schon ohne weiteres Zuthun die Schüttung überreich schützten.

Durch die erwähnte Ueberdeckung der seeseitigen Böschungen mit grofsen künstlichen Blöcken wird die aus kleinern Steinen bestehende Schüttung vollständig gesichert, und auf diese Art jede Bewegung verhindert, wobei die Uebermaurung zerbrechen könnte. Nach der frühern, bei uns üblichen Methode, die auch auf dem Wellenbrecher vor Plymouth Anwendung findet, bemüht man sich, die Krone, wie die Böschungen *über Wasser* mit grossen Steinen regelmäfsig *abzupflastern*. Man verwendet dazu Granitblöcke, die 2 bis 3 Fufs hoch sind, sich möglichst berühren und eine ebene Oberfläche darstellen. Die Fugen werden gewöhnlich verzwickt, auch wohl mit Mörtel verstrichen, und wenn sie zufällig weiter sind, mit Béton angefüllt. Die Decke scheint zwar in dieser Weise vollständig gesichert zu sein, nichts desto weniger brechen aber die Fugen sehr häufig wieder auf, es treten Sackungen ein, und nicht selten werden einzelne Steine von den Wellen aufgehoben, und selbst gröfsere Strecken des Pflasters zerstört. Es ist leicht zu erkennen, dafs die gegenseitige Verbindung dieser Steine keine innige, vielmehr nur eine sehr lockere ist, und keineswegs derjenigen gleich kommt, welche man durch Uebermaurung mit kleinern, lagerhaften Steinen darstellen kann. Der gröfste Uebelstand bei solchem Pflaster ist aber der Mangel einer sichern *Unterstützung an dem äufsern Rande*. Ueber Wasser und selbst 1 Fufs darunter kann man die grofsen Steine noch versetzen, aber in gröfserer Tiefe können sie sich nur gegen die angeschütteten Steine lehnen, und sobald diese fortgetrieben werden, so fallen sie auch herab, oder sind auf ihrer ganzen Höhe dem Stofs der Wellen ausgesetzt.

Hierzu kommt noch, dafs man gemeinhin zu viel Gewicht auf die Darstellung einer *möglichst ebenen* und regelmäfsigen *Oberfläche* legt. Um den Stein mit einer besonders ebenen Seitenfläche in diejenige Höhe zu bringen, welche die Chablone angiebt, wird nicht etwa ein Lager gebildet, welches sich der untern Fläche genau anschliefst, was auch sehr mühsam und meist unmöglich sein würde, vielmehr unterstützt man den Block durch einzelne untergeschobene Steinchen, so dafs seine Oberfläche sich allerdings dem Profil des Damms gut anschliefst,

Digitized by Google

er jedoch keineswegs sicher liegt, vielmehr nur auf einzelnen Punkten aufsteht, und unter ihm weite Räume geöffnet bleiben. Wenn nunmehr auf der Seeseite die Böschung angegriffen wird, so dringt bei jeder Welle das Wasser bis unter die Krone ein, und indem es aus- und einströmt, reifst es leicht die schwachen Stützen mit sich, und die künstlich dargestellte Regelmäfsigkeit verschwindet oft während des ersten Sturms. Das eindringende Wasser kann aber auch gegen die untere Seite dieses Steins einen so starken Druck ausüben, dafs derselbe ausgehoben und fortgeschleudert wird. Fälle dieser Art sind in unsern Molen wiederholentlich vorgekommen. Wenn es die Aufgabe ist, mit gesprengten Steinen einen Hafendamm abzupflastern, so wird für die Erhaltung desselben viel vollständiger gesorgt, wenn man bei jedem Stein eine ebene Seitenfläche zur Basis wählt, weil für diese ein schliefsendes Lager sich leicht bilden läfst. Die Oberfläche der Krone wird dabei freilich unregelmäfsiger, doch ist dieser Umstand von wenig Bedeutung, und in gleichem Maafs tritt er auch ein, wenn die Steine zwar nach jener Art versetzt wurden, aber später ungleichmäfsig herabgesunken sind. Das Auszwicken und Verfüllen der Fugen mit Kies ist ganz nutzlos, es trägt zur Sicherung des Pflasters nichts bei, und nach dem ersten Wellenschlag sind die Fugen wieder geöffnet, so dafs keine Spur dieser Arbeit bemerkbar bleibt. Streicht man aber Béton oder hydraulischen Mörtel in die Fugen, so ist derselbe zwar haltbarer, doch brechen die Fugen leicht auf, und das ungleichmäfsige Sacken der einzelnen Steine wird dadurch nicht verhindert. Jedenfalls hat die bereits erwähnte Uebermaurung in kleinern und lagerhaften Bruchsteinen, wozu man auch sehr vortheilhaft gespaltene Granite benutzen kann, grofse Vorzüge vor solchem Pflaster. Sie bildet, wenn sie etwa 2 Fufs stark ist, eine feste Decke, aus der sich einzelne Steine nicht lösen, wenn die Decke auch in Folge des ungleichen Setzens der Unterlage brechen sollte. Aufserdem ist ihre Oberfläche eben, man kann also bequem darauf gehn, und endlich ist sie wohlfeiler, weil die sehr grofsen, und meist nur aus weiter Ferne zu beziehenden Pflastersteine dabei entbehrt werden.

Am meisten wird das Pflaster oder die Uebermaurung in ihrem äufsern Rande bedroht, und die Beschädigungen entstehn

Digitized by Google

hier dadurch, dafs in der Steinschüttung, welche die anschliefsende Dossirung bildet, Vertiefungen sich zeigen, wodurch theils die sichere Unterstützung oder das Widerlager für den obern Theil der Böschung verschwindet, theils aber auch die Füllsteine, auf denen die Decke ruht, in Bewegung kommen, während zugleich den Wellen ein freier Zutritt unter diese Decke eröffnet wird. Wenn die Dossirung nicht durch schwere Blöcke geschützt ist, so wirft die Welle die Steine auf die Krone des Damms oder seitwärts, und ihr Angriff verstärkt sich immer mehr, je tiefer der Einrifs geworden ist. In dem daneben befindlichen Pflaster öffnen sich alsdann die Fugen, die Oberfläche wird immer unregelmäfsiger, und bald stürzen die nächsten Pflastersteine in die Tiefe hinab, oder werden von den Wellen gefafst und auf die Krone oder darüber getrieben.

Um diesen Zerstörungen vorzubeugen, hatte man sowohl auf dem Wellenbrecher vor Plymouth wie auch auf den Swinemünder Molen die abgepflasterte Decke mit grofsen Werkstücken umgeben, die unter einander verdübelt waren. Der Erfolg entsprach aber nicht den Erwartungen. Sobald die davor liegende Steinschüttung angegriffen war, zerbrachen oder lösten sich die Dübel beim Gegenstofsen der Wellen, und die einzelnen Steine wurden wieder fortgetrieben.

Ein andres Mittel, das beim Beginn des Baues der Süder-Mole vor Pillau in Anwendung kam, hatte Anfangs einen sehr günstigen Erfolg. Das Pflaster wurde nämlich mit Caisson-Pfählen (§ 21) umgeben. Dieselben standen in der Höhe des Wasserstandes und ragten über diesen nur wenige Zolle vor. Sie hatten die geringe Länge von 6 Fufs und waren in das obere Senkstück oder die Faschinen-Packung eingerammt. Sobald also diese sich stärker comprimirten, so sanken sie mit denselben unter das Wasser hinab, und konnten bei den später nöthig werdenden Erhöhungen und Umpflasterungen des Damms nicht mehr als Widerlager des Pflasters dienen.

Am sichersten ist ohne Zweifel die Ueberdeckung der Dossirung unter Wasser mit sehr grofsen, und zwar künstlichen Blöcken, wie in neuerer Zeit ziemlich allgemein geschieht. Das Gewicht derselben mufs aber so bedeutend sein, dafs sie vom Wellenschlag nicht in Bewegung gesetzt werden. Wenn

Digitized by Google

dagegen ihre aus kleinern Steinen bestehende Unterlage angegriffen und fortgespült wird, so sinken sie von selbst herab und gewähren dadurch der bedrohten Stelle einen sichern Schutz. Zur dauernden Unterhaltung des Damms genügt es also, dafs man auf der Krone, oder noch besser auf einem besondern Banket, so oft Gefahr besorgt werden kann, neue Blöcke formt nnd von hier herabstürzt. Von ihrer ganz geregelten und profilmäfsigen Ablagerung mufs man absehn. Eine solche ist auch ohne wirklichen Nutzen, denn es kommt nur darauf an, dafs die Blöcke an den Stellen versinken, wo die Böschung bedroht wird. Eben so wenig ist es auch nöthig, dafs sie sich überall unmittelbar berühren und die Schüttsteine vollständig überdecken, weil in den tiefen Fugen zwischen ihnen die Kraft der Wellen sich so mäfsigt, dafs die daselbst frei liegenden Füllsteine nicht mehr dem starken Angriff ausgesetzt sind.

Es ist oben erwähnt worden, dafs die Steinschüttung noch in andrer Weise gesichert werden kann, nämlich dadurch, dafs sie hinreichend tief unter Wasser bleibt, also von der stärkern Wellenbewegung nicht getroffen wird. In diesem Fall kann sie indessen die Zwecke eines Hafendamms nicht erfüllen, sie mufs daher noch mit einem Ueberbau versehn werden, und zwar empfiehlt es sich vorzugsweise, eine Mauer darauf zu stellen, wovon bereits die Rede war.

Es bleibt noch die Frage zu beantworten, die besonders für unsere Ostsee-Häfen von grofser Wichtigkeit ist, in welcher Weise ein Hafendamm, der aus einer Steinschüttung besteht, oder dessen innern Kern eine solche umschliefst, gegen fernere Zerstörungen gesichert werden kann. Aus den frühern Mittheilungen ergiebt sich, dafs man diese Aufgabe in verschiedenen Fällen bereits gelöst hat, und dabei zu günstigen Resultaten gekommen ist, die jedoch nur befriedigen, wenn die Sicherheits-Maafsregeln eine grofse Ausdehnung gewinnen, aber selbst alsdann gestalten sich die Verhältnisse nicht so vortheilhaft, als wenn man gleich Anfangs eine passendere Anordnung getroffen hätte. Das in Boulogne gewählte Verfahren, wobei die Krone, so wie die innere Böschung und ein Theil der äufsern mit Bohlen verkleidet wurden (§ 59), kann nicht zur Nachahmung empfohlen werden. Es ist nicht nur überaus kostbar und stellt

Digitized by Google

fortwährende und zwar sehr bedeutende Reparaturen in Aussicht, sondern es ist sogar, wenn nicht ein starker Fluthwechsel stattfindet, unausführbar.

Von wesentlichem Nutzen ist dagegen eine Brustmauer, die man, sobald die Schüttung sich gehörig gesetzt hat, auf die Dammkrone in der Art stellt, dafs ihre äufsere senkrechte oder nahe senkrechte Fläche in sanfter Krümmung sich an die seeseitige Böschung anschliefst. Die dagegen tretenden Wellen werden alsdann abgehalten, in den Hafen überzuschlagen, und ihre unmittelbare Einwirkung auf die Krone hört auf. Indem aber das Wasser die aufwärts gerichtete Bewegung annimmt, so hat es meist nicht mehr die Kraft, gröfsere Steine mit sich zu reifsen, und dieselben über die Mauer fort auf den Damm, oder über diesen hinaus in den Hafen zu werfen. Allerdings wird dieses selbst bei höhern Mauern nicht ganz verhindert, wie die Erfahrungen in Cherbourg und Cette gezeigt haben. Auch bei Swinemünde geschieht dieses zuweilen, doch vergleichungsweise gegen den frühern Zustand nur so selten, dafs man sagen kann, das Uebertreten der Steine hat beinahe ganz aufgehört. Dieselben bleiben also vor der Mauer liegen, und wenn sie sich stark ansammeln, also eine steilere Böschung annehmen, so rollen sie von selbst wieder in die See hinab. Es kann freilich geschehn, dafs sie unter Annahme einer etwas steileren Böschung die Krone der Mauer erreichen und alsdann wieder über dieselbe fortgetrieben werden. Dieses läfst sich indessen verhindern, wenn man die Schüttung mit recht grofsen Steinen oder mit Bétonblöcken überdeckt, was schon nöthig ist, um das starke Vertreiben zur Seite des Damms in der Richtung nach dem Ufer zu unterbrechen, wobei leicht die Böschung stellenweise so angegriffen wird, dafs die Mauer in Gefahr kommt. Bei gehöriger Aufmerksamkeit und bei rechtzeitiger Verstürzung von neuen Bétonblöcken kann man den Damm wohl jedesmal gegen Angriffe der See sichern, für den Kopf sind aber diese Maafsregeln nicht genügend.

Die hier befindliche Steinschüttung wird bei starkem Wellenschlag nicht nur hinter den Damm, sondern oft auch in die Hafenmündung geworfen, so dafs sich daselbst vollständige Steinriffe bilden. Eine Ueberdeckung der Steinschüttung mit Béton-

Digitized by Google

blöcken verbietet sich aber hier dadurch, dafs diese von den einkommenden Schiffen berührt werden würden und zu schweren Havarien Veranlassung geben könnten. Der Kopf der Mole mufs aus derjenigen Tiefe, welche der Schiffahrt entspricht, steil ansteigen. Bei solchen aus Steinschüttung gebildeten, oder damit überdeckten Molen, bleibt also nur übrig, sie über den Fufs der Böschung hinaus zu verlängern, und sie mit einem neuen und passend geformten Kopf zu versehn. Dieses ist, wie bereits erwähnt, sowohl in Swinemünde als auch in Stolpmünde dadurch geschehn, dafs die Köpfe in Holzwände eingeschlossen wurden, wobei also freie Steinschüttungen ganz vermieden werden. Verbieten indessen besondere Local-Verhältnisse, wie etwa das Vorkommen des Bohrwurms die Anwendung des Holzes, so bleibt nur übrig, wie in Englischen Häfen mehrfach geschehn, die Köpfe aus hinreichender Tiefe massiv aufzuführen und zugleich dafür zu sorgen, dafs die Steinschüttung, die seeseitig bis zum Kopf sich erstreckt, nicht etwa über diesen hinaus vertrieben wird.

Es bleibt noch die Frage zu beantworten, welche Dimensionen die zur Schüttung benutzten Steine haben sollen. Je gröfser der einzelne Stein ist, um so weniger wird er von den Wellen bewegt, und wenn er bei der spätern Ueberdeckung durch andre Steine dem Angriff der Wellen auch vollständig entzogen wird, so ist er doch beim Herabstürzen weniger der Gefahr ausgesetzt, fortzutreiben. Es kann aber auch geschehn, dafs er seine Ueberdeckung wieder verliert und aufs Neue von den Wellen getroffen wird. Diese Gründe waren Veranlassung, dafs man in früherer Zeit sich immer bemühte, möglichst grofse Steine ausschliefslich zu verwenden.

Solche Steine lassen indessen sehr grofse Räume zwischen sich frei, die etwa 30 Procent des ganzen verschütteten Raums betragen. Eine grofse Masse feineren Materials könnte diese Zwischenräume füllen, und die ganze Ablagerung würde dadurch fester werden, und weniger den Beschädigungen durch das heftig hin und her strömende Wasser ausgesetzt sein. Wollte man jedoch kleinere Steine gleichzeitig dazwischen werfen, so könnte es leicht geschehn, dafs diese die unmittelbare Berührung der gröfsern verhindern, also stellenweise zur Bildung von noch aus-

Digitized by Google

gedehnteren leeren Räumen Veranlassung geben. Die Verschiedenheit des Materials läfst daher keine dichtere Ablagerung erwarten, so lange nicht fernere Bewegungen eintreten. Auch von einer nachträglichen Ueberschüttung mit kleinen Steinen darf man sich keinen Vortheil versprechen, weil diese zunächst dem vollen Angriff der Wellen ausgesetzt sind, und wenn sie auch von dem eindringenden Wasser in die nächsten leeren Räume hineingespült werden, doch eben so leicht auch wieder aus diesen heraustreiben.

In Folge dieser Auffassung wurde für den Wellenbrecher bei Plymouth die Bedingung gestellt, dafs kein Stein zur Schüttung verwendet werden dürfe, dessen Gewicht nicht wenigstens $1\frac{1}{2}$ Ton betrug. Der Inhalt durfte also nicht geringer, als 23 Englische oder 21 Rheinländische Cubik-Fufs sein. In ähnlicher Art, jedoch unter Festsetzung von mäfsigeren Dimensionen, war bei dem Cherbourger Damm verfahren, und in beiden Fällen steigerten sich hierdurch die Kosten der Anlage in hohem Grade, weil eine sehr bedeutende Masse feinern Materials in den Steinbrüchen gewonnen wurde, das man nicht benutzen konnte, und dessen Beseitigung sogar neue Kosten veranlafste. Auch bei unsern Hafenbauten galt früher die Bedingung, dafs kein Stein unter 5 Cubikfufs Inhalt zur Darstellung der Krone oder der Dossirungen verwendet werden dürfe. Soweit diese Steine über Wasser aufgebracht, also nicht sowohl angeschüttet, als aufgepackt wurden, so liefsen sich grofse leere Räume dazwischen leicht vermeiden.

Bei den neueren Hafenbauten in England ist man von dieser Ansicht zurückgekommen, und namentlich hat Rendel sowohl bei Holyhead, wie bei Portland, das sämmtliche beim Sprengen gewonnene Material, also nicht nur kleinere Steine, sondern selbst die feinen Splitter, zur Schüttung benutzt. Er beobachtete dabei indessen die Vorsicht, dafs die verschiedenen Massen in mäfsigen Schichten übereinander geworfen wurden, und dafs nicht sogleich eine weitere Aufschüttung erfolgte, vielmehr der Wellenschlag darauf zunächst einwirken mufste, damit die gröfsern Steine in das feinere Material eindringen möchten.

Die Verwendung verschiedenartigen Materials bei Schüttungen in offener See dürfte sich auch dadurch rechtfertigen, dafs die

Digitized by Google

Steine nicht in der Art sich ablagern und liegen bleiben, wie dieses im stehenden Wasser der Fall ist. Der Wellenschlag verursacht nämlich starke Bewegungen und Erschütterungen, und bildet eine mehr geschlossene Ablagerung in derselben Weise, als wenn man ein im untern Theil mit Kies und oben mit Sand gefülltes Gefäfs wiederholentlich stark niederstöfst, wobei die Oberfläche der Füllung sich merklich senkt, also die ursprünglich leeren Räume sich mit den feinern Körnchen ausfüllen. Der Ingenieur Coode erklärte in den vom Parlamente angeordneten Vernehmungen wiederholentlich, dafs die Beschädigungen des Wellenbrechers bei Plymouth zum Theil davon herrühren, dafs man hier nur grofse Steine verwendet hatte, die sich gegenseitig nur in einzelnen Punkten berührten, also leicht in Bewegung gesetzt wurden.

Bei Erbauung des Hafendamms von Marseille ging man von einem andern, wesentlich verschiedenen Grundsatz aus, obwohl auch hier das in den Steinbrüchen gewonnene Material beinahe vollständig zur Verwendung kam. Nur die kleinern Stücke bis zu 10 Cubikzoll Inhalt wurden anderweit, nämlich zur Fabrikation des Bétons benutzt. Aus denjenigen Steinchen, welche 0,05 bis 1 Cubikfufs hielten, wurde der innere Kern des Damms aufgeschüttet. Denselben umgab eine Schicht, welche Steine von 1 bis 16 Cubikfufs enthielt, und diese wieder eine andre von 16 bis 50 Cubikfufs. Letztere wurde aber mit Steinen von 50 bis 100 Cubikfufs und auf der Seeseite mit den noch viel gröfseren Béton-Blöcken überdeckt. Fig. 167 deutet diese verschiedenen Schüttungen an.

Unfehlbar wurde hierdurch der Vortheil erreicht, dafs der eigentliche Kern des Damms sich geschlossen ablagerte, also selbst bei starkem Wellenschlag die Bewegung des Wassers durch ihn unterbrochen wurde. Da jedoch dieser Kern den Wasserspiegel nicht erreicht, so ist die Durchströmnng des Damms hierdurch nicht vollständig verhindert. Wie sehr aber eine solche nachtheilig werden kann, ergab sich bei la Ciotat, woselbst das Wasser durch die grobe Schüttung von der Seeseite her in den Damm so heftig eindrang, dafs sie wiederholentlich die Abpflasterung der Krone und die Mauer an der Hafenseite durchbrach, und man sich schliefslich gezwungen sah, letztere mit weiten Oeff-

Digitized by Google

nungen zu versehn, um dem Wasser einen freien Abfluſs zu eröffnen.

Unter den Hafendämmen, die nur aus Steinschüttungen bestehn, ist der Wellenbrecher vor Plymouth der wichtigste. In der Bucht, die er schützt, sind alle Anstalten zum Neubau, wie zur Reparatur, zur Ausrüstung und zur Stationirung von Kriegsschiffen vereinigt. Hier befindet sich der Haupt-Kriegshafen von England. Diese Bucht war jedoch bei südwestlichen Winden einem starken Wellenschlag ausgesetzt, indem alsdann die Wellen aus dem Atlantischen Ocean ungeschwächt einliefen, und beim Eintritt in die trichterförmig verengte Mündung sogar an Heftigkeit zunahmen. Eine Sicherung der hier liegenden Schiffe war daher dringend geboten, und schon im vorigen Jahrhundert wurde ernstlich daran gedacht, einen Wellenbrecher zu erbauen. Im Anfange dieses Jahrhunderts lagen der Englischen Regierung verschiedene Projecte eines solchen Baues vor, worunter einige sich schon auf schwimmende Wellenbrecher bezogen. Der Plan des älteren Rennie wurde im Jahre 1811, vielleicht mit einigen Aenderungen, angenommen. Derselbe war sehr genau dem Cherbourger Wellenbrecher nachgebildet, und zeigte dasselbe Querprofil, das dieser angenommen hatte, nachdem die Kegel mit Steinen überschüttet waren, und von dem man voraussetzte, daſs es keinen weiteren Veränderungen unterworfen sei.

Der Damm besteht nach diesem Project aus einem mittleren Theil und zwei Flügeln. Der erste ist sehr nahe von Westen nach Osten gerichtet, und 242 Ruthen lang, die beiden Flügel, von denen jeder 85 Ruthen mifst, neigen sich gegen die Richtung des mittleren Theils um 20 Grade nordwärts. Die Tiefe, in welcher der Damm erbaut wurde, betrug durchschnittlich beim niedrigsten Wasser etwa 40 Fuſs. An beiden Seiten des Damms befinden sich die Einfahrten nach der Bucht. Die westliche ist zunächst dem Kopf des Wellenbrechers beim niedrigsten Wasser 7 Faden tief, die Tiefe von 5 Faden oder darüber findet sich jedoch in der Breite von etwa 250 Ruthen vor. Die östliche Mündung ist weniger geöffnet. Ihre Tiefe mifst in einer Breite von 140 Ruthen 5 Faden und daneben ist sie noch geringer. Abgesehn von den verschiedenen Buchten, die sich zum Theil weit in das Binnenland hineinziehn und gleichfalls groſse Tiefen

Digitized by Google

haben, wird eine Wasserfläche von nahe 500 Morgen, die bei den niedrigsten Ebben mindestens noch 5 Faden tief ist, durch den Wellenbrecher geschützt.

Die Ausführung wurde 1812 begonnen. Ein Querprofil des Damms theilt John Rennie in der sehr ausführlichen Beschreibung dieses Baues *) nicht mit. Man wollte früher behufs einer vollständigeren Abhaltung der Wellen, vor die östliche Mündung vom Ufer aus, bei Howkens Point, noch einen andern Damm erbauen, der sich in südlicher Richtung dem Kopf des Wellenbrechers bis auf 150 Ruthen nähern sollte. Dieser Damm ist nicht zur Ausführung gekommen.

Zur Schüttung wurde theils der in der nächsten Umgebung brechende feste Kalkstein, und theils ein rother Sandstein von Catwater benutzt. Jeder zu versenkende Stein sollte mindestens $1^1/_2$ Ton wiegen. Man rechnet gewöhnlich, dafs 1 Ton $15^1/_2$ Englische oder etwa 14 Rheinländische Cubikfufs enthält. Diese Steine lassen zwischen sich sehr grofse Räume frei, die nach Rennie 37 Procent des verfüllten Raums einnehmen. Ueber die Art der Versenkung wird im Folgenden die Rede sein. Im ersten Jahr mufste man sich vorzugsweise auf die Vorbereitungen zum Bau beschränken, dagegen wurden von 1813 bis 1832 durchschnittlich in jedem Jahr nahe 18 000 Schachtruthen volle Steinmasse verstürzt, die gröfste Thätigkeit fand 1821 statt, in welchem Jahr 40 000 Schachtruthen zur Verwendung kamen.

Es traten bald sehr ausgedehnte Zerstörungen ein, namentlich 1817 und 1824 wurde die Krone ganz durchbrochen, während dieselbe zugleich durchschnittlich etwa 36 Fufs nach Norden rückte. Die äufsere Böschung, die ursprünglich dreifache Anlage erhalten hatte, war um Vieles flacher geworden. 1825 wurde nach Maafsgabe dieser Veränderungen ein andres Profil gewählt, nämlich dasjenige, welches Fig. 170 in den punktirten Linien angegeben ist. Seit dieser Zeit wurde auch die Oberfläche des Damms mit grofsen behauenen Steinen abgepflastert, die bald darauf noch durch Cementmörtel mit einander verbunden, und auf der Seeseite unter Niedrigwasser der Springfluthen mit ver-

*) An historical, practical and theoretical account of the breakwater in Plymouth sound. London 1848.

Digitized by Google

dübelten Quadern umschlossen wurden. Dieser Vorsicht unerachtet haben die Bewegungen dennoch nicht aufgehört, wie das in derselben Figur ausgezeichnete Profil nachweist. Dieses stellt die Form des Damms im Jahre 1859 dar, und ist nach einer Zeichnung copirt, die den Vernehmungen der vom Parlamente niedergesetzten Commission aus demselben Jahr beigefügt war. In einer andern Vernehmung, von 1860, sagt Claxton aus, dafs man gegenwärtig eine starke Kette über die Krone gespannt habe, die bei jedem Sturm 50 bis 60 Steine auffängt, deren jeder 12 bis 14 Tons wiegt, also 150 bis 200 Cubikfufs enthält.

Es mufs noch erwähnt werden, dafs auf dem westlichen Kopf des Wellenbrechers ein Leuchtthurm, auf dem östlichen aber eine hohe Baake steht. Der ganze Damm hatte bis 1848 ein und eine halbe Million Pfund Sterling gekostet. In der dahinter belegenen Bucht hat man seit dem Beginn des Baues keine Verflachungen wahrgenommen. Solche waren auch nicht zu besorgen, da das Wasser hier überaus rein ist.

Sehr wichtig sind die an den Hafendämmen bei Swinemünde, und namentlich die an dem östlichen gemachten Erfahrungen, der bei Nordost-Stürmen dem vollen Wellenschlag der See ausgesetzt ist (Vergl. die Situations-Zeichnung auf Taf. XVI). Der Kern dieses Damms besteht freilich aus Senkstücken, da dieselben jedoch mit einer starken Lage gröfserer Steine überall und namentlich in der Krone überdeckt sind, so blieb diese Verschiedenheit ohne weitern Einflufs, als dafs sie ein stärkeres Sacken veranlafste.

Fig. 171 auf Taf. XXXIV zeigt ein im Jahr 1858 aufgenommenes Querprofil, und zwar befand sich dasselbe in der Nähe des frühern Kopfs zwischen den beiden äufsersten Landebrücken. Die punktirte Linie bezeichnet dasjenige Profil, welches der Mole an derselben Stelle ursprünglich gegeben war. Bei der Compression der verschiedenen über einander liegenden Senkstücke ist die Krone bedeutend tiefer herabgesunken, als die Figur angiebt. Die vielfachen Beschädigungen des Pflasters machten nämlich wiederholentlich Instandsetzungen nothwendig, und dabei wurde jedesmal die Schüttung verstärkt, und die ursprüngliche Kronenhöhe wieder hergestellt. Eine wesentliche Aenderung des Profils trat noch insofern ein, als die von der äufsern Seite oder

Digitized by Google

von der Krone hinübergeworfenen Steine an der Hafenseite ein breites Banket bildeten, das Anfangs nicht existirte. Soweit diese Steine noch leicht zu fassen waren, hat man sie bei spätern Reparaturen und zu andern Zwecken wieder verwendet, woher die Ablagerung sich nicht bis über das Wasser erhebt. Es mufs darauf aufmerksam gemacht werden, dafs auch im Wellenbrecher vor Plymouth (Fig. 170) ein solches Banket an der innern Seite aus den hinüber geworfenen Steinen gleichfalls entstanden ist.

Der Bau der Swinemünder Ostmole war 1829 beendigt. Sieben Jahre später wurde sie sehr stark beschädigt, und noch vor ihrer vollständigen Ausbesserung erlitt sie bei einem heftigen Nordost-Sturm am 7. April 1837 aufs Neue die ausgedehntesten Zerstörungen. Von der Krone waren an vielen Stellen nicht nur die grofsen Deck- oder Pflastersteine, sondern auch die gesammte Steinpackung bis zu der Faschinenbettung fortgerissen, und die Steine lagen in hohen Haufen auf der innern Dossirung. Vorzugsweise hatte die Mole in der Nähe des Kopfs gelitten, und indem das Pflaster hier verschwand, so kam auch der kleine Leuchtthurm oder die Leuchtbaake daselbst in grofse Gefahr. Diese stand auf einem Pfahlrost, und der kegelförmige Unterbau, der zugleich den kleinen und dunkeln Raum umschlofs, worin der Wärter sich in der Nacht und bei heftigen Stürmen sogar mehrere Tage hindurch aufhalten mufste, wenn die Mole nicht betreten werden konnte, bestand aus einer starken Quader-Mauer. Auf dieser ruhte die eiserne, mit Bohlen verkleidete Baake, welche die Laterne trug. Das Licht, das später roth gefärbt ist, brannte 38 Fufs über dem mittleren Spiegel der See. Indem dieser Bau nach der Zerstörung der Dammkrone damals ganz isolirt stand, so hatten beim Gegenschlagen der Wellen und der ausgewaschenen Steine die Fugen der Mauer sich weit geöffnet, doch war kein Quader herausgerissen.

In der Krone und auf den beiderseitigen Böschungen mufsten hierauf 471 Quadratruthen nicht nur umgepflastert, sondern auch mit Steinen und Kies ausgepackt werden, die Faschinen-Packung lag damals $1\frac{1}{2}$ unter dem mittlern Wasserstande. Dem Kopf des Damms gab man aber bei dieser Gelegenheit sogar eine achtfüfsige Dossirung und pflasterte ihn mit möglichst grofsen roh bearbeiteten Granit-Quadern ab.

Digitized by Google

Jene Gurtungen verdübelter Steine, von denen § 40 die Rede war, hatte man schon früher versucht, und nunmehr wurden neben einander zwei Reihen derselben an den vordern Theil der Mole, und zwar auf der äufsern Dossirung, in der Höhe des Wasserspiegels versenkt. Die Verbindung bestand in der obern Reihe aus eisernen Dübeln von $1\frac{1}{4}$ Zoll Stärke und in der untern aus hölzernen 6zölligen Dübeln. Aufserdem führte man in Abständen von 6 Ruthen noch Reihen solcher verdübelten Quader über die Dossirung bis zur Krone hinauf. Auch wurden seit jener Zeit gröfsere Steine zur Ueberdeckung verwendet.

Es zeigte sich indessen, dafs durch diese Sicherung-Maafsregeln der Damm keineswegs genügend geschützt sei. Bei Nordost-Stürmen trieben die Steine nach wie vor hinüber und selbst die grofsen Schwedischen Granite bis von 50 Cubikfufs bewegten sich in dieser Art. Jene verdübelten Steinreihen erwiesen sich aber als ganz unhaltbar, da ihre Verbindung beim Gegenschlagen der Wellen sich bald löste. Später wurden sogar Cementblöcke von einer halben Schachtruthe Inhalt von der äufsern Dossirung in den Hafen geworfen. Besonders starke Beschädigungen traten bei dem Sturm im December 1863 ein, und wenn auch kein vollständiger Durchbruch damals entstand, so hatten sich doch in der Nähe des Kopfs Löcher von 1 Quadratruthe Fläche und bis 6 Fufs Tiefe gebildet, aus welchen die grofsen wie die kleinen Steine fortgetrieben waren.

Um ähnliche Zerstörungen in Zukunft zu verhindern, wurde nunmehr auch die Swinemünder Ostmole, wie bei Stolpmünde bereits begonnen war, der ganzen Länge nach mit einer Brustmauer an der Seeseite versehn. Fig. *M* auf Taf. XXXIII. b zeigt das Querprofil nebst der Brustmauer, welches vom Jahr 1865 ab dieser Mole gegeben wurde. Die Brustmauer erhebt sich 10 Fufs über den mittlern Wasserstand und schliefst sich durch eine cylindrische Fläche von $4\frac{1}{2}$ Fufs Radius an die seeseitige Dossirung an. Sie ist aus kleinern gesprengten Granitstücken ausgeführt, reicht indessen nur in dem Fall bis zum Wasserspiegel herab, wenn die alte Schüttung darunter fehlte, oder nur aus kleinen lose abgelagerten Steinen bestand. Fanden sich dagegen im Zuge der Mauer grofse und geschlossen lagernde Steine vor, wie meist geschah, so wurden solche keineswegs beseitigt,

Digitized by Google

sondern die Mauer darauf gestellt. Die sonstigen in neuerer Zeit für die Erhaltung dieses Damms getroffenen Maafsregeln sind bereits § 58 bezeichnet.

Die Erfolge dieser Ausführungen haben sich sehr befriedigend herausgestellt. Zunächst ist der Wellenschlag im Hafen viel mäfsiger geworden. Man merkt doch jetzt, dafs man im Hafen ist, wenn man im Sturm einkommt, sagte ein bewährter Seemann. Aufserdem haben die Zerstörungen des Damms seitdem aufgehört, wenn kleinere Beschädigungen auch noch vorkommen. Einzelne Steine von einigen Cubikfufs Inhalt werden bei heftigen Stürmen auch noch über die Mauer geschleudert. Aus den obern Schichten der Brustmauer wurden bald nach Ausführung derselben Stücke ausgebrochen, was wahrscheinlich seinen Grund in der fehlerhaften Ausführung hatte, indem mehr Aufmerksamkeit auf das äufsere Ansehn, als auf den Verband verwendet war. Vorzugsweise ist aber die äufsere Dossirung noch immer stellenweise bedroht, und wenn die Steine auch nicht leicht über den Damm geworfen werden, so treiben sie doch längs desselben dem Ufer zu, und bei dieser Bewegung kann es leicht geschehn, dafs die Mauer stellenweise ihre Unterstützung verliert. Es ist daher nothwendig, hierauf aufmerksam zu bleiben und wo es nöthig ist, durch Ueberdeckung mit Bétonblöcken die Dossirung zu schützen.

Es mufs noch eine auffallende Erscheinung erwähnt werden, die sowohl hier wie auch in Stolpmünde und Colbergermünde seit der Erbauung der Brustmauern auf den alten Molen sich gezeigt hat. In allen drei Häfen verlandeten nämlich früher die Ufer auch auf der Ostseite, wenngleich viel schwächer als an der Westseite, während sie gegenwärtig auf der Ostseite abbrachen und daher gedeckt werden mufsten. Der Grund hiervon ist ohne Zweifel darin zu suchen, dafs bei Nord-Ost-Stürmen, die hier die heftigsten sind, die Wellen nicht mehr über die Dämme fort in den Hafen treten, sondern längs den Mauern hinlaufen und ungeschwächt das Ufer treffen.

In Englischen Häfen steigen mehrfach die angeschütteten flachen Dossirungen bis zur Krone der Brustmauern an. Dieses ist zum Beispiel in Kingstown der Fall. Fig. 172 zeigt das Profil des dortigen westlichen Hafendamms, und zwar

Digitized by Google

in seiner ursprünglichen Form. Dafs diese Dossirungen auch hier bei Stürmen sehr leiden, ist bereits erwähnt worden. Die Brustmauer besteht aus roh bearbeiteten Blöcken, die grofsentheils trocken und nur in der Nähe des Kopfes in Mörtel versetzt sind. Die Einfassung des Damms auf der Hafenseite ist im untern Theil nur angeschüttet, über dem niedrigsten Wasser dagegen aus grofsen Blöcken regelmäfsig aufgeführt und mit einigen Quader-Schichten überdeckt. Die zur Schüttung benutzten Steine sind Granite von Dalkey, und halten nach Rennie's Mittheilung von 4 bis über 100 Cubikfufs. Schiffshalter aus Granit stehn vor der Brustmauer.

Sehr ähnlich ist das in Fig. 173 dargestellte Profil des Damms vor dem alten Hafen bei Holyhead, der im Folgenden noch specieller beschrieben werden soll.

§ 63.

Gewinnung der Steine.

Die Steine, welche man zur Schüttung der Hafendämme verwendet, müssen sowohl der chemischen Einwirkung des Seewassers widerstehn, wie auch bei Stöfsen und Belastungen nicht leicht zerbrechen, noch auch bei eintretenden Bewegungen zerrieben werden. Eine weiche Gebirgsart, wie etwa Kreide, ist daher zu diesem Zweck nicht zu gebrauchen, und eben so wenig würde lockrer Sandstein oder Thonschiefer sich hierzu eignen. Man pflegt bei gröfsern Ausführungen dieser Art immer sehr vorsichtig in der Wahl des Materials zu sein, und wenn, wie in Dover geschehn, ein solches in der erforderlichen Güte nicht für mäfsige Preise zu beschaffen ist, mufs man von der Steinschüttung absehn und eine andre Constructionsart wählen.

An den Deutschen Ostsee-Häfen, wie zum Theil auch an der Nordsee bieten die Granit-Geschiebe, die im ganzen nördlichen Deutschland in den Alluvial-Ablagerungen vorkommen, ein sehr brauchbares Material zu Steinschüttungen, wenn gleich die Preise derselben sich bedeutend höher stellen, als wenn man die Steine aus einem in der Nähe befindlichen Bruch beziehn könnte. In beiden Fällen hat das Material an sich wenig, und zuweilen

Digitized by Google

gar keinen Werth, die Kosten betreffen vielmehr nur die Gewinnung und den Transport. Bei der übergrofsen Masse, die zum Bau eines Hafendamms erforderlich ist, mufs man in beiden Beziehungen für die möglichste Vereinfachung und Regelmäfsigkeit des Betriebs sorgen, damit die Ausführung sich nicht vertheuert, noch auch durch Mangel an Material verzögert wird. Aufserdem ist es aber auch nothwendig, Umladungen zu vermeiden, weil solche gleichfalls eine Preis-Erhöhung veranlassen.

Bei unsern Hafenbauten an der Ostsee werden jetzt beinahe ausschliefslich nur solche Granit-Geschiebe verwendet, welche aus den abbrechenden Thonufern in die See herabgefallen sind und nicht nur am Strande, sondern beim Zurückweichen desselben auch im tiefen Wasser liegen. Das Heben mittelst Steinzangen geschieht ziemlich leicht bei mäfsig ruhiger See, und die Fischer in verschiedenen Dörfern, namentlich in der Nähe von Danzig, beschäftigen sich hiermit, so oft dazu sich Gelegenheit bietet, und sie der Abnahme sicher sind. Wenn die gehobenen Geschiebe aber die vorgeschriebene Gröfse übersteigen, so sprengen sie dieselben in ihren Fahrzeugen, indem sie sich mit Steinbohrern und Pulver versehn haben. Dieses geschieht theils während der Fahrt, theils aber auch wohl im Hafen selbst, vor der Abnahme. Im Stolpmünder Hafen mufste dieses ausdrücklich verboten werden.

Indem dabei der Landtransport bis zur Baustelle ganz umgangen wird, so stellen sich die Preise meist ziemlich niedrig, besonders wenn man die Ankäufe aus freier Hand macht. Häufig bietet sich auch Gelegenheit, die Steine unmittelbar aus den Fahrzeugen, auf welchen sie beigeführt werden, zu verstürzen. Alsdann ist es aber nothwendig, den Inhalt jeder Ladung aus der Einsenkung des Bootes sicher beurtheilen zu können. In Pillau hat man zu diesem Zweck grofse Blöcke von bestimmtem Gewicht vorräthig, und sobald ein Fischer die Lieferung von Steinen in Aussicht stellt, wird die Probe-Belastung seines Fahrzeugs vorgenommen, und nach Maafsgabe derselben das Gewicht und der Werth jeder Lieferung bestimmt.

Vielfach verbietet sich die unmittelbare Verwendung der Steine, alsdann verursacht das Aufsetzen derselben einige Mehr-

Digitized by Google

kosten, zum Transport bis zur Baustelle wird aber noch die Anlage einer leichten Eisenbahn mit Pferdeförderung nothwendig.

Wenn dagegen brauchbare und reichhaltige Steinbrüche in der Nähe sind, aus welchen das Material bezogen werden kann, so mufs sowohl die Gewinnung wie der Transport desselben mit grofser Ueberlegung angeordnet werden, damit keine Störung eintritt, auch die Preise dafür sich möglichst niedrig stellen. Beim Bau des Hafens von Holyhead wurden in dieser Beziehung sehr wichtige Erfahrungen gemacht, und wenn auch schon früher in England die ausgedehntesten Sprengungsarbeiten vorgekommen waren, so änderten sich doch bei diesem Bau wesentlich die dabei angewendeten Methoden, und bildeten sich im weitern Fortgange zu derjenigen Ergiebigkeit und Regelmäfsigkeit aus, welche die baldige Beendigung des grofsartigen Unternehmens forderte *).

Auf der westlichen Seite der Insel Holyhead erhebt sich das Gebirge vielleicht 1000 Fufs über den Spiegel der See. Eine niedrige, wenig ansteigende Fläche zieht sich von dem Ufer, an welches der Damm sich anschliefst, bis zum Fufs des Berges in der Ausdehnung von etwa einer viertel Deutschen Meile hin. Es bot sich also sehr einfach die Gelegenheit, das Material auf Eisenbahnen anzufahren. Der Gipfel des Gebirgs liegt unmittelbar an der See, nach der östlichen Seite fällt dieses ab. Es besteht aus einem quarzhaltigen Glimmerschiefer, den parallele und nahe vertikale Spalten in der Richtung von Nordost nach Südwest durchziehn.

Nachdem Rendel dieses Gestein als brauchbar bezeichnet und die Absicht ausgesprochen hatte, es bei dem Hafenbau zu verwenden, erhob sich auch in dieser Beziehung ein lebhafter Widerspruch, der sich jedoch bei der örtlichen Untersuchung (wovon bei Beschreibung des Hafens die Rede sein wird) vollständig beseitigte. Indem jede Umladung des gelösten Gesteins vermieden werden sollte, so mufsten die Sprengungen bis zu den Bahnen herabgetrieben und letztere immer um so weiter fortgesetzt werden, je mehr das Gebirge zurückwich. Fünf Hauptstränge führten nach der langen und breiten Rüstung, von welcher

*) George Robertson, on large blasts at Holyhead. Civil engineer and architects journal. 1861. pag. 38 und 75.

Digitized by Google

aus der westliche oder der Hauptdamm angeschüttet wurde. Dieselben spalteten sich aber so vielfach vor dem Kessel, in welchem die Sprengungen erfolgten, dafs bei meiner Anwesenheit (im Herbst 1852) ich hier acht und vierzig Geleise zählte, die normal gegen die Felswand gerichtet waren. Auf der westlichen Seite dieses Kessels hatte man den Abhang in der Neigung von etwa 15 Graden gegen den Horizout geebnet und den Betrieb mit Drahtseilen eingerichtet. Die leeren Wagen wurden daselbst von den beladen herabfahrenden hinaufgezogen. Oberhalb dieser geneigten Ebene war wieder ein ausgedehntes Eisenbahn-Netz eingerichtet, und etwa 20 Stränge führten gegen die hier befindliche Bergwand. Indem der Berg in geringer Entfernung dahinter wieder ziemlich steil anstieg, so war man bereits damit beschäftigt, noch eine zweite Seil-Ebene einzurichten, oder auf einem dritten Absatz einen neuen Steinbruch zu eröffnen. Aufserdem war in südlicher Richtung vom Hafen in der Nähe von Holyhead noch ein vierter Bruch im Betriebe, von wo die Steine für den östlichen Damm entnommen wurden. Im Ganzen liefen etwa achtzig Geleise gegen die Bergwände, und es konnte sonach das gelöste Material an eben so viel Stellen auf die Wagen geladen werden.

Vor den Transportwagen, also zunächst den Brüchen, standen jedesmal Wagen, auf denen sich Krahne befanden, die zum Beladen jener dienten. Die Ausleger derselben hatten solche Länge, dafs sie für beide nächstliegende Geleise benutzt werden konnten. Die Spurweite dieser sämmtlichen Geleise mafs 7 Fufs Englisch oder 6 Fufs $9^1/_2$ Zoll Rheinländisch. Hierdurch war die Gelegenheit geboten, Blöcke, die 5 Fufs breit waren, zwischen den Geleisen hindurch zu verstürzen. Alle Wagen waren mit Kipp-Vorrichtungen versehn und wurden, sobald eine Steinmasse gelöst war, unmittelbar daneben unter sorgfältiger Sortirung des Materials befrachtet. Einige Wagen trugen nur einen einzigen Block, andre mehrere kleinere, wieder andre Steine von einigen Cubikfufs Inhalt, und endlich noch andre Steinschrott. Wo diese verschiednen Massen jedesmal verstürzt werden sollten, um eine möglichst dichte Ablagerung darzustellen, wurde von dem leitenden Ingenieur bestimmt; bevor jedoch ein Wagen auf die Hauptbahn gelangte, mufste er eine Brücken-

Digitized by Google

Waage passiren, um das Gewicht der Ladung festzustellen, wonach der Unternehmer bezahlt wurde. Alle Wagen waren numerirt und das eigne Gewicht derselben vorher ermittelt. Die Ladung betrug durchschnittlich 8 Tons.

In den vollen Zügen gingen die Locomotiven, welche Tender-Maschinen waren, nicht vorn, sondern hinten, sie zogen also nicht, sondern schoben die Wagen, die sonach bis an's äufsere Ende der Rüstung gelangen konnten. Jeder Wagen war aber mit einer kräftigen Bremse versehn. Die Bahnen liefsen Manches zu wünschen, sie hatten zum Theil übermäfsig scharfe Krümmungen, und aufserdem waren sie auch sehr wenig geregelt. Dafs Maschinen und Wagen aus den Geleisen kamen, soll sich sehr häufig wiederholt haben. Während der kurzen Zeit meiner Anwesenheit sah ich zweimal Wagen entgleisen.

Das Sprengen erfolgte, wenn auch nicht an bestimmten Stunden, so doch immer gleichzeitig im ganzen Bruch, und zwar ein- oder zweimal am Tage. Eine starke Glocke wurde vorher geläutet, alsdann wurden sowohl die Lastwagen, wie auch die Krahne schleunig durch Pferde zurückgezogen, und Menschen wie Pferde mufsten sich gleichfalls entfernen. Sobald der Bruch in dieser Weise geräumt war, erhob sich eine rothe Fahne, und diese gab das Zeichen zum Anzünden der Schüsse. So lange noch Zündröhren dabei benutzt wurden, mufsten die Arbeiter, die diese angezündet hatten, schleunigst die ihnen vorher bezeichneten sichern Punkte erreichen. Hierbei sollen vielfach Unglücksfälle vorgekommen sein, da die Leute oft bis 100 Fufs tief herablaufen mufsten. Später wurden galvanische Batterien benutzt, und diese standen in bombenfesten Hütten, die besonders zu diesem Zweck erbaut waren. Sobald die Explosionen erfolgt und die grofsen Steinmassen herabgestürzt waren, mufste noch einige Zeit gewartet werden, bevor die Wagen vorgeschoben werden durften, weil theils zuweilen noch spätere Explosionen eintraten, theils aber die Staub- und Rauchwolken nichts erkennen liefsen, und theils auch die Luft während der ersten folgenden Minuten nicht eingeathmet werden konnte. Ein grofser Theil der herabgestürzten Masse hatte solche Dimensionen, dafs die Blöcke aufs Neue gesprengt werden mufsten, ehe sie transportirt werden konnten.

Digitized by Google

Anfangs wurden in der bisher üblichen Art nur schwächere Schüsse angewendet. Man trieb Bohrlöcher von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser lothrecht oder schräg in den Fels, und in diesen wurde, wie gewöhnlich, der dritte Theil mit Pulver gefüllt, während der Besatz zwei Drittel der Höhe einnahm. Im zweiten Theil dieses Handbuchs § 53 ist hiervon die Rede gewesen. Die Arbeit schritt dabei nur langsam vor. Mehr als drei Mann liefsen sich bei einem Bohrloch nicht anstellen, und dieselben konnten in einem Tage nur um 14 Zoll das Loch vertiefen. In der ganzen Wand, die zunächst eröffnet war, liefsen sich daher an jedem Tage nicht mehr, als etwa 200 Schüsse anzünden, und die Masse des dadurch gelösten Materials entsprach nicht der beabsichtigten schnellen Förderung des Baues. Aufserdem klagte der Unternehmer über den grofsen Verbrauch an Pulver, dem die gewonnene Steinmasse nicht entsprach.

Die Unternehmer, Joseph und Charles Rigby, versuchten daher 1850 stärkere Ladungen anzuwenden. Wenn es darauf ankommt, recht grofse Blöcke zu gewinnen, die also zu Werkstücken, Stufen, Säulen und dergleichen verwendet werden sollen, so müssen die Schüsse möglichst schwach sein, damit sie die ganze Masse nur so eben lösen, ohne sie weiter anzugreifen. Anders verhält es sich aber, wenn es, wie im vorliegenden Fall, auf grofse Dimensionen nicht ankommt, und man diese sogar vermeiden will, um der spätern Nachsprengungen überhoben zu sein. Alsdann ist eine möglichst starke Erschütterung und eine kräftige Explosion nothwendig, wozu gröfsere Pulvermengen erforderlich sind. Nach dieser Aenderung des Betriebs wurde es möglich, an jedem Tage 3000 bis 4000 Tons (250 bis 330 Schachtruthen) zu fördern. Eine noch weitere Steigerung des Betriebs war unthunlich, weil auf jedem der einzelnen Hauptgeleise, wozu je 125 Wagen gehörten, sich nur 1000 Tons an einem Tage fördern liefsen.

Man teufte nunmehr vertikale Schachte ab, indem man die steilen Bergwände von oben her zunächst angriff, und die Sprengung alsdann weiter abwärts fortsetzte. Die Schachte hatten die Weite von 4 bis 6 Fufs und sehr verschiedene Tiefen, die zu den Abständen der Pulverkammern von den nächsten äufsern Wänden des Gebirges in gewissem Verhältnifs standen. Die

Digitized by Google

Tiefe verhielt sich nämlich zu diesem Abstande wie 3 zu 2. Der Schacht über der Pulverkammer liefs sich leicht durch Steinpackung füllen, doch war die Gefahr vorhanden, dafs letztere wie aus einem Geschofs herausgeworfen werden möchte, wenn in der Richtung derselben die Explosion erfolgte. Man beobachtete daher die Vorsicht, dafs die Pulverkammer sich nicht in der Achse des Schachts, sondern etwas seitwärts von demselben befand, also der Schacht unmittelbar darüber unter einem Winkel von 45 Graden gegen das Loth sich neigte.

Nach Maafsgabe der Lage der abzusprengenden Felsmasse mufsten Schüsse von verschiedener Stärke angewendet werden. Die gröfste Kraft war erforderlich, wenn es darauf ankam, aus der ebenen Felswand eine Nische auszusprengen. In diesem Fall, wie auch sonst, wurden die Schüsse immer an solchen Stellen angebracht, wo in passender Entfernung sich bereits eine natürliche Fuge im Gestein vorfand, also wenigstens an einer Seite die zu lösende Masse bereits getrennt war. Nachdem man eine solche Nische eröffnet hatte, liefs sich dieselbe leichter verbreiten oder der daneben stehende Fels ausbrechen. So gab eine Pulverladung von 1800 Pfund*) in einem Schacht von 44 Fufs Tiefe und 30 Fufs von der Aufsenfläche entfernt 3500 Tons Gestein, also nahe 2 Tons auf jedes Pfund Pulver. Den gröfsten Erfolg erreichte man, wenn ein vor die Wand vortretender Kopf fortzusprengen war. Ein solcher Schufs, bei dem der Schacht 42 Fufs tief, der Abstand von den umgebenden bereits frei gelegten Wänden dagegen nur 21 Fufs war, gab bei einer Ladung von 600 Pfund eine Steinmasse von 3000 Tons, also auf ein Pfund Pulver 5 Tons.

Die Wirkung der Schüsse verstärkte sich, wenn zwei oder auch drei derselben in passendem Abstande gleichzeitig angezündet wurden und sich sonach gegenseitig unterstützten. Im Allgemeinen lieferte alsdann jedes Pfund Pulver nahe 3 Tons Gestein.

---

*) Die hier angegebenen Maafse und die Gewichte sind die Englischen. 1 Pfund avoir du poids ist gleich 1,04 neue Preufsische Pfunde. 1 Ton ist 20 Centner zu 112 Pfund, also 2240 Pfund avoir du poids, oder 2230 Preufsische Pfund. 1 Ton dieses Gesteins hielt 13 Cubikfufs Englisch oder 11,9 Cubikfufs Rheinländisch, woher 1 Schachtruthe volle Masse nahe 12 Tons wiegt.

Digitized by Google

Hierbei ereignete sich jedoch im Anfange des Jahrs 1851 ein sehr beklagenswerther Unfall. Zwei solcher Schüsse entzündeten sich nämlich, obwohl dieselbe galvanische Kette beide verband, nicht gleichzeitig, und einzeln waren sie nicht im Stande, die Felsmasse zu lösen. Der erste verursachte nur einige nicht weit ausgedehnte Risse, und der zweite griff das Gestein gar nicht an, trieb aber die Steinpackung aus dem Schacht, und in weiter Entfernung, wo die Zuschauer sich ganz sicher glaubten, fielen die Steine nieder. Einer derselben tödtete den Capitän Hutchinson, der die Sprengungs-Arbeiten leitete und solche bereits bei Dover und bei Gibraltar ausgeführt hatte.

Dieser Umstand gab Veranlassung, dafs man später je zwei Schüsse nur durch einen gemeinschaftlichen Schacht einbrachte. Dieser wurde in der Mitte zwischen den beiden Pulverkammern abgeteuft, und an seinem untern Ende eröffnete man zu beiden Seiten Stollen, oder eine horizontale Galerie, die zu beiden Kammern führte. Die sehr schwierige Arbeit des Abteufens wurde hierdurch etwas erleichtert, und jedenfalls war dabei das Auswerfen der Steinpackung sicher verhindert, da die Galerie gleichfalls sorgfältig gefüllt wurde.

Man führte später noch eine andre wesentliche Erleichterung ein, indem man den Zugang zu dieser Galerie nicht von oben durch den Schacht, sondern von der Aufsenwand her durch einen horizontalen Gang oder einen Stollen eröffnete. Es wurde hierdurch nicht nur der Zugang etwas abgekürzt, sondern auch in andrer Beziehung manche Schwierigkeiten vermieden. Beim Abteufen der Schachte mufste nämlich in dem sehr beengten Raum der Boden, auf dem die Arbeiter standen oder knieten, angegriffen und gelöst werden, und das getrennte Material mufste fortwährend gesammelt, in Körbe geworfen und ausgewunden werden. Noch übler war es, wenn Quellen eindrangen, die hier keinen freien Abfluſs fanden. Man mufste alsdann das Wasser ausschöpfen und in Eimern aufwinden. Bei starkem Regen flofs sogar zuweilen Tagewasser hinein und machte gleichfalls ein mühsames Ausschöpfen nöthig. Dazu kam noch, dafs die verdorbene Luft an der Sohle des Schachts sich sammelte und besondere Vorrichtungen zur Ventilation eingerichtet werden mufsten. Alle diese Uebelstände verschwanden, sobald man mit einem schwach ansteigenden Stollen die Felswand von der Seite eröffnete,

Digitized by Google

und am Ende desselben die Galerie ausführte. In einer Beziehung hatte jedoch der Schacht einen wesentlichen Vorzug vor dem Stollen. Der Bruch, den die Explosion veranlafste, folgte nämlich jedesmal dem Schacht, und es löste sich sonach immer eine senkrechte Felsmasse, während dieselbe, wenn ein Stollen eingetrieben war, an ihrer hintern Fläche sich ganz unregelmäfsig gestaltete und dadurch die weitere Fortsetzung der Sprengung erschwerte. Diese Stollen waren 3 Fufs breit und 5 bis $5\frac{1}{2}$ Fufs hoch, man trieb sie, wenn es irgend geschehn konnte, zur Seite einer natürlichen Felsspalte, weil dadurch die Arbeit erleichtert wurde. Die Galerien an ihrem Ende führten zu zwei, und oft sogar zu drei Pulverkammern, jede derselben bildete für sich aber wieder einen etwa 12 Fufs tiefen Schacht, der um so tiefer sein mufste, je mehr Pulver er aufnehmen sollte.

Das Pulver wurde auf Schiffen zugeführt, und nur in der Mittagsstunde ausgeladen, wenn keine Locomotive im Gange war. Man trug es in Säcken herbei, die 50 Pfunde enthielten, und schüttete es in hölzerne Kasten, die vorher in die Pulverkammern gestellt waren. 1 Ton Pulver nimmt einen Raum von 37 Cubikfufs ein, oder füllt einen Würfel, dessen Seite 3 Fufs 4 Zoll Englisch mifst. Hiernach richtete sich die Höhe der hölzernen Sprengkasten. In die Mitte der Füllung schüttete man sehr feines Zündpulver und legte darin den Platindraht ein, der die beiden umsponnenen Kupferdrähte, also die beiden Ketten der galvanischen Batterie verband. Nachdem die Füllung mit gewöhnlichem Pulver fortgesetzt und beendigt war, schlofs man den Kasten mit einem hölzernen Deckel, und packte darüber sehr sorgfältig die Steine, mit welchen nicht nur der Raum in der Kammer, sondern auch die Galerie und der ganze Schacht oder der Stollen ausgesetzt wurde. Besondere Vorsichts-Maafsregeln, um das Pulver gegen Feuchtigkeit zu schützen, wurden nicht angewendet, doch blieb es nie lange hier liegen, vielmehr wurde es immer bald nach dem Einbringen angezündet.

Die Güte des Pulvers wurde mittelst eines Geschützes geprüft, indem man bei gleicher Aufstellung und Ladung desselben die Entfernung mafs, in welcher die Kugel aufschlug. 1 Ton Pulver kostete durchschnittlich 55 Pfund Sterling. Der Versuch, trockne Sägespähne unter das Pulver zu mengen, erwies sich

Digitized by Google

nicht nur als zwecklos, sondern in Betreff der Kosten sogar als nachtheilig. Dagegen glaubte man einigen Vortheil darin zu finden, wenn der hölzerne Kasten die im Fels ausgearbeitete Kammer nicht unmittelbar berührte, sondern noch ein freier Zwischenraum zwischen beiden blieb. Die Explosionen waren nach diesen Vorsichts-Maafsregeln mit keiner Gefahr verbunden. Der gelöste Theil der Felswand kam in Bewegung und stürzte über, wobei er in zahllose gröfsere und kleinere Stücke zerbrach, und dabei eine dichte Staubwolke erzeugte. Zuweilen blieben sehr grofse Stücke unzertheilt, die bis 1000 Tons oder über 80 Schachtruthen enthielten, und dann durch neue Sprengungen bis auf Blöcke von höchstens 8 Tons zertheilt werden mufsten.

Die jedesmal anzuwendende Pulvermasse bestimmte man nach der Regel, dafs ihr Gewicht, in Pfunden ausgedrückt, gleich sein müsse dem zwanzigsten bis fünfzehnten Theil des Cubus des Abstandes der Pulverkammer von der äufsern Felswand, wenn dieser Abstand in Fufsen ausgedrückt ist. Im Allgemeinen ergab sich aber, dafs mit Einschlufs der nachträglichen Sprengungen 1 Pfund Pulver in gröfserer Höhe der Felswand 3 Tons, unmittelbar über dem Plateau der Eisenbahnen aber nur 2 Tons Gestein gab.

Einen sehr bedeutenden Kosten-Aufwand verursachte das Treiben der Stollen, da durchschnittlich vier Mann solche in der Woche nur um 5 Fufs verlängern konnten. Der laufende Fufs kostete durchschnittlich mit Einschlufs der Geräthe und Nebenarbeiten 14 Schilling oder 13,85 Mark, der laufende Fufs eines Schachts dagegen 18,75 Mark. 1 Ton, also den zwölften Theil einer Schachtruthe volle Steinmasse zu sprengen, zu verkleinern, aufzuladen, zu verfahren und zu verstürzen kostete mit Einschlufs der Löhne und Instandhaltung der Geräthe, Wagen und Bahnen 8,97 Pence, also 0,74 Mark. Von diesem Gesammt-Betrage trafen:

auf das Sprengen der Felswände . . .	0,38 Mark.
auf nachträgliches Sprengen	0,08 -
auf das Verladen	0,17 -
auf den Transport und das Verstürzen .	0,11 -

Es mufs noch eines andern ähnlichen, und gleichfalls sehr bedeutenden Steinbruchs erwähnt werden, der für die Hafen-

Digitized by Google

dämme von Marseille das Material lieferte. Derselbe ist auf der kleinen Insel Ratoneau, ohnfern Marseille, eröffnet, über deren Lage und künstliche Verbindung mit der südwärts daneben befindlichen Insel Pomégues, sowie über den Hafen zwischen beiden, bereits früher (§ 29) bei Gelegenheit der Quarantaine-Häfen das Nähere mitgetheilt wurde.

Die Gebirgsart, woraus beide Inseln bestehn, ist ein derber, sehr fester Kalk von gelber oder brauner Farbe, der weder an der Luft, noch im Wasser zerfällt, und das bedeutende specifische Gewicht von 2,71 hat. Seine Gewinnung wird insofern etwas erschwert, als er nicht eine zusammenhängende Masse bildet, sondern zerklüftet ist. Der Fels erhebt sich unmittelbar am Ufer sehr steil mehrere hundert Fuſs hoch. Das Sprengen erfolgte früher in derselben Weise, die man nach mehrfachen Versuchen in Holyhead als die vortheilhafteste erkannt hatte, und die vorstehend beschrieben ist. Man trieb in die steile Wand, und zwar unmittelbar neben dem kleinen Hafen, Stollen ein, am Ende eines jeden derselben wurde eine Galerie nach beiden Seiten geführt, die parallel zur Wand sich hinzog, und unter deren beiden Enden sich die Pulverkammern befanden. Die Schüsse in diesen wurden durch dieselbe galvanische Batterie entzündet, und zuweilen lieſs man auch vier oder noch mehrere dergleichen Pulvermassen gleichzeitig explodiren. Ein Unterschied in der Behandlung trat nur insofern ein, als die Kammern wegen der erwähnten Zerklüftung mit einer schnell erhärtenden Mörtelschicht überzogen wurden, auch verschloſs man die Zugänge nicht durch einfache Steinpackung, sondern vermauerte sie in Gyps, um dem Besatz mehr Widerstandsfähigkeit zu geben.

In dieser Weise wurden die Brüche noch im Jahr 1857 betrieben, später trat jedoch eine wesentliche Aenderung ein, indem man zu den engen Bohrlöchern wieder überging, diese jedoch durch chemische Einwirkung auf das Gestein in ihren untern Enden mit weiten Kammern versah, die groſse Pulvermassen faſsten*).

Es wurden Bohrlöcher von $2\frac{1}{2}$ Zoll Weite etwa 30 Fuſs

*) Das dabei angewendete Verfahren ist von L. Hagen in der Zeitschrift für das Bauwesen 1860 Seite 406 näher beschrieben.

Digitized by Google

tief herabgetrieben. In jedes derselben setzte man eine kupferne Röhre ein, die jedoch den Boden des Lochs nicht berührte, sondern etwa auf 9 Zoll Höhe dieses frei liefs. Der Zwischenraum zwischen der Röhre und dem Gestein wurde, soweit es geschehn konnte, durch eingetriebenen Werg abgeschlossen. Alsdann schob man in diese Röhre eine Guttapercha-Röhre von $4\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser ein, die heberartig aus einem daneben stehenden Gefäfs Salzsäure ansog und dieselbe in den untern Theil des Bohrlochs führte. Unter heftigem Aufbrausen verband sich alsdann die Säure mit dem Kalk, und da die aufschäumende Masse, aus dem kohlensauren Gase, Chlorcalcium und der noch nicht vollständig zur Wirksamkeit gekommenen Salzsäure bestehend, keinen andern Ausweg fand, als durch die kupferne Röhre, so stieg sie in dieser auf, und man leitete sie durch einen Seiten-Ausgufs in das Gefäfs zurück, worin sich ursprünglich die reine Säure befand. In dieser Art löste sich das Gestein ohne weitere Nachhülfe von selbst auf, bis endlich die Säure so abgeschwächt war, dafs ihre Wirksamkeit aufhörte. Mit der Schaumbildung wird auch das Aufsteigen der Flüssigkeit in der kupfernen Röhre unterbrochen, und man mufs, wenn das erste Quantum der Säure noch nicht zur Auflösung derjenigen Kalkmasse genügt, welche dem beabsichtigten Inhalt der Pulverkammer entspricht, das Gefäfs wieder mit reiner Salzsäure füllen, worauf derselbe Procefs sich wiederholt. Um eine Kammmer darzustellen, die 30 Pfund Pulver fafst, brauchte man 240 Pfund Salzsäure, und die Auflösung erfolgte in 10 bis 12 Stunden.

Mittelst Schwämmen oder Werg an starken Drähten wurde die in den Kammern befindliche Flüssigkeit ausgeschöpft, wenn die gröfsere Tiefe die Anwendung von Saugepumpen nicht gestattete. In derselben Art trocknete man auch die Seitenwände, soweit dieses möglich war, und wahrscheinlich liefs man einige Zeit vergehn, ehe man das Pulver einschüttete. Zum Anzünden bediente man sich entweder eines Zündfadens oder der galvanischen Batterie. Im letzten Fall mufste für jedes Bohrloch eine solche eingerichtet werden. In einer Patrone, die mit feinem Pulver gefüllt war, befand sich der Platindraht, und beide umsponnene Kupferdrähte traten aus ihr heraus. Diese wand man leicht um einander, so dafs sie hinreichende Steifigkeit erhielten,

Digitized by Google

um daran die Patrone in die Mitte der Pulverkammer herabzulassen. Mehrere dergleichen Batterien konnten neben einander gestellt werden, und durch eine mechanische Vorrichtung wurden alle Ketten gleichmäfsig geschlossen. Zum Besatz bediente man sich nur des trocknen Sandes, womit das ganze Bohrloch verschüttet wurde.

Bei Anwendung dieses Verfahrens kostete das Sprengen einer Schachtruthe, in voller Masse gerechnet, etwa 5 Mark, jedes Pfund Pulver gab aber ungefähr 50 Cubikfufs Gestein. Das Resultat scheint also etwas günstiger gewesen zu sein, als bei Holyhead, doch darf man nicht unbeachtet lassen, dafs das Gebirge hier weniger fest war.

§ 64.

Steintransport auf Eisenbahnen.

Bei der grofsen Masse des zur Schüttung eines Hafendamms erforderlichen Materials ist es dringend nöthig, für die möglichst geregelte und zugleich möglichst wohlfeile Beischaffung der Steine zu sorgen. Es rechtfertigt sich aber, wenn man zu diesem Zweck mit bedeutenden Kosten die nöthigen Einrichtungen trifft, weil diese bei längerer Benutzung sich bezahlt machen, und hierdurch allein es möglich wird, die Regelmäfsigkeit des Betriebs und die baldige Vollendung des Baus zu sichern. Vorzugsweise wird man darauf Bedacht zu nehmen haben, dafs ein Umladen vermieden wird, hierzu gehört aber nicht nur der Wechsel zwischen Karren und Wagen oder Schiffen, sondern auch das schliefsliche Abwerfen der Steine, oder das Aufbringen derselben auf den Hafendamm. Wenn dieses aus freier Hand oder auch mit Hülfe von Winden und Krahnen geschieht, so vermehrt es wesentlich die Kosten, und zwar in viel höherm Maafs, als wenn die Entfernung, aus der die Steine zu Wasser oder auf der Eisenbahn beigeschafft werden, sich bedeutend verlängerte.

Mit Rücksicht hierauf verschwindet meist der Vorzug, den sonst der Wassertransport beim Fördern grofser Massen vor der Benutzung der Eisenbahnen hat. Während diese sich immer leicht verlängern und unmittelbar bis an den Bruch hinanführen lassen, der bei starkem Betriebe weiter zurücktritt, so kann das

Digitized by Google

Verladen in Schiffe nur mittelst Karren oder Wagen geschehn, und am vortheilhaftesten ist es, selbst in diesem Fall wieder Eisenbahnen zu erbauen, die für kleinere Wagen eingerichtet sind und von den Anlege-Plätzen der Schiffe mit vielfachen Abzweigungen bis unmittelbar an die Brüche führen. Ein Umladen aus diesen Wagen in die Schiffe ist alsdann nicht zu vermeiden, auch dürfen namentlich die gröfsern Blöcke nicht in die Schiffe verstürzt werden, vielmehr mufs man sie durch Krahne herablassen, wie sie auch schon in gleicher Weise auf die Wagen gehoben werden. Hierzu kommt noch ein zweiter ungünstiger Umstand. Aus den Schiffen, wenn dieselben auch wie Baggerprahme mit Bodenklappen versehn sind, läfst sich nur feineres Material verstürzen. Gröfsere Steine lehnen sich vor der Oeffnung gegen einander und fallen nicht hindurch. Aus diesem Grunde mufs man gröfsere Steine, wenn sie verstürzt werden sollen, aufs Neue mit Maschinen heben, also wieder umladen. Von einem andern, jedoch sehr bedenklichen und nur theilweise zweckentsprechenden Verfahren zum unmittelbaren Verstürzen grofser Blöcke aus Schiffen wird im Folgenden die Rede sein.

Endlich darf man auch nicht unbeachtet lassen, dafs bei unruhiger See der Wassertransport unterbrochen wird, und dafs das Ausbringen der Steine, mag es in einer oder der andern Art geschehn, doch nur für den untern Theil der Schüttung mit wenig Mühe ausführbar ist, dafs es aber grofse Schwierigkeiten bietet, sobald die Schiffe zur Seite der bereits versenkten Steinmasse anlegen, und ihre Ladungen auf diese gehoben werden müssen. Viel einfacher und wohlfeiler ist die Förderung auf Eisenbahnen. Dieselben Wagen, von welchen aus die Steine verstürzt werden, schiebt man auf Zweigbahnen bis unmittelbar an die abgesprengten Felsmassen, wie dieses bei Holyhead und Portland geschehn ist, und dadurch vermindern sich die Kosten des Transports so ungemein, dafs sie sogar niedriger als die der Sprengung bleiben.

Es mag zunächst die Förderung auf Eisenbahnen beschrieben werden. Man kann die Bahnen wohl immer in der Art anordnen, dafs sie vom Bruch aus nach dem Hafendamm abfallen, die Lasten also sich stets abwärts bewegen. Dieses ist insofern leicht zu erreichen, als man vor den zu sprengenden

Digitized by Google

Felswänden dem Planum, auf dem die Zweigbahnen liegen, beliebig eine gröfsere Höhe geben, auch den Abraum und selbst das feinere Material zweckmäfsig verwenden kann, um Vertiefungen, die sich etwa im Zuge der Bahn befinden, auszufüllen.

Die Gröfse der Wagen und somit auch die Spurweite hängt von der Ausdehnung der Bahnen und der Art der Förderung ab. Soll das Gestein nicht weit, sondern nur etwa nach den in der Nähe liegenden Schiffen gebracht werden, so werden vielfach kleinere Wagen von Pferden, auch wohl von Menschen gezogen. Bei grössern Entfernungen sind dagegen Locomotiven von überwiegendem Nutzen, auch insofern bequemer, als man nur die Eisenbahn darstellen darf und keinen Weg daneben für Menschen oder Pferde einzurichten braucht. In diesem Fall erhalten die Wagen meist solche Gröfse, dafs sie die volle Last tragen können, welche der üblichen Construction der Eisenbahn-Wagen entspricht.

Die zu den Dammschüttungen bei Holyhead benutzten Wagen waren mit Kasten versehn, die 10 Fufs lang und $5\frac{1}{2}$ Fufs breit waren. Eine gröfsere Breite konnte man ihnen nicht geben, weil die Ladung nicht seitwärts, sondern zwischen den Rädern und zwischen den Schienen verstürzt werden sollte. Zu diesem Zweck war die irgend noch zulässige gröfste Spurweite, nämlich von 7 Fufs Englisch, gewählt worden. Fig. 176 zeigt einen solchen Wagen. Der eiserne Kasten besteht aus zwei Theilen. Der vordere, den die Figur auf der linken Seite zeigt, ist mit dem Rahmen fest verbunden, doch setzt er sich nur aus den drei Seitenwänden zusammen und hat keinen Boden. Der hintere Theil dagegen, der aus eben solchen Seitenwänden und zugleich aus dem Boden in der ganzen Länge des Kastens besteht, ist beweglich uud kann die durch punktirte Linien angedeutete Stellung annehmen, wobei er die Ladung fallen läfst. Die Drehung erfolgt um die in der Figur angegebene Achse, damit diese jedoch nicht etwa das Herabgleiten der Steine verhindere, so ist sie gekröpft und zieht sich um die Seitenwände und um den Boden und zwar auf deren äufserer Seite herum. Dieser bewegliche Theil des Kastens fällt, sobald er sich entleert hat, von selbst wieder in seine frühere Lage, und der hintere Theil des Bodens setzt sich auf einen über der Hinterachse be-

Digitized by Google

findlichen Riegel auf, wodurch seine Stellung im unbeladenen Zustande gesichert ist. Damit jedoch beim Laden keine Drehung erfolgt und der Boden in dieser Stellung bleibt, bis man den Wagen entleeren will, so ist unter dem beweglichen Boden, und zwar in der Nähe seines vordern Randes, ein Quer-Riegel befestigt, dessen beide Enden seitwärts vor den Kasten vortreten. Diese werden mittelst starker Haken gefafst, die, wie die Figur zeigt, an die Rahmen befestigt sind, und damit sie sich nicht zufällig lösen, befinden sich an ihren aufwärts verlängerten Armen noch Sperrkegel, die in eiserne Zähne des Rahmens eingreifen.

In dieser Weise ist die Stellung des Kastens vollständig gesichert. Will man ihn aber entleeren, so schlägt man an beiden Seiten die Sperrkegel zurück, und entfernt alsdann mittelst einiger kräftiger Hammerschläge die Haken von dem Riegel, wodurch bei passend vertheilter Last der Boden mit dem hintern Theil des Kastens sich dreht und die Ladung fallen läfst. Beim Einbringen der Steine und namentlich der gröfsern, die schwer zu handhaben sind, mufs man sorgfältig darauf achten, dafs das Uebergewicht entschieden den vordern, also denjenigen Theil des Bodens trifft, der bei eintretender Bewegung herabsinkt. Endlich ist noch zu erwähnen, dafs jeder einzelne Wagen mit einer kräftigen Bremse versehn ist. Dieselbe wird jedesmal vor dem Versenken der Steine gebraucht, indem die Locomotive die Wagen vor sich herstöfst, und jeder derselben an der vorher bezeichneten Stelle, wo die Schüttung erfolgen soll, angehalten werden mufs.

Der Betrieb war in der Art eingerichtet, dafs die beladenen Wagen neben dem Steinbruch durch Pferde gezogen und auf eine Brücken-Waage geschoben wurden. Es gab vier derselben, und zwischen je zweien befand sich eine Bude, worin die beiden Aufsichts-Beamten sich aufhielten, welche das Gewicht jeder Ladung notirten. Hiernach wurde der Unternehmer bezahlt. Die Pferde zogen die Wagen noch weiter, bis sie den Anfang der geneigten Ebene erreichten, die nach dem Hafendamm führte. Nunmehr wurden die Haken der Zugkette gelöst und die Wagen, auf welchen jedesmal ein Bremser stand, liefen von selbst einzeln bis vor den Hafendamm herab. Hier wurden sie angehalten und von der Maschine durch die Weichen auf die horizontalen Bahnen geschoben, die auf hohen Rüstungen in der Richtung des Hafen-

Digitized by Google

damms sich hinzogen. Nach Maafsgabe des Materials, welches sie geladen hatten, wurden sie in verschiedene Stränge eingeführt, und sobald drei Wagen hinter einander standen, schob sie eine Locomotive, nachdem die Kuppelungen gelöst waren, vor sich her. Durch den Stofs, den sie zuletzt erhielten, vollendeten sie ihre Wege, während die Maschine zurückblieb. Letztere folgte ihnen, und schob sie, nachdem sie entleert waren, auf ein Seitengeleise. Sobald sich hier zwölf Wagen gesammelt hatten, zog eine andre Maschine sie die geneigte Ebene hinauf, und zuletzt wurden sie durch Pferde wieder an die Steinbrüche gebracht.

Die Locomotiven durchliefen immer nur kurze Strecken und kamen bald wieder auf die Stationen zurück, wo sie mit Kohlen und Wasser versehn werden konnten, dennoch forderten die starken Steigungen und scharfen Krümmungen schwere Maschinen. Man hatte deshalb Maschinen mit zwei gekuppelten Achsen gewählt. Um einem möglichen Wassermangel während der Fahrt vorzubeugen, der die Explosion des Kessels veranlassen konnte, waren an verschiedenen Stellen der Bahnen und selbst auf der Rüstung des Hafendamms Reservoire angebracht, die mittelst eiserner Röhren durch einen Quell am Fufs des Holyhead-Berges gespeist wurden. Sie bestanden aus einfachen hölzernen Kasten, die etwa 30 Cubikfufs hielten.

Das Beladen der Wagen geschah nur in dem Fall aus freier Hand, wenn das Material aus kleinern Steinen bestand, die ein Mann bequem heben konnte. Schon wenn die Steine so grofs sind, dafs zwei Mann anfassen müssen, wird dasselbe mühsamer und zeitraubender, als wenn man dabei einen Krahn benutzt. Dazu kommt aber noch, dafs der Wagen immer auf dem Geleise bleibt, die Steine also einzeln weiter getragen werden müssen, als wenn man sie etwa nur in einen Kasten zu werfen braucht, der unmittelbar neben sie hingestellt wird. Ebenso verhält es sich auch mit den gelösten feinern Stücken und mit dem Steinschrott. Bei Holyhead benutzte man daher Kasten aus Eisenblech von 5 Fufs Länge und $2^1/_2$ Fufs Breite. Fig. 176. a zeigt einen derselben. Er ist auf drei Seiten mit Wänden versehn, an der vierten dagegen offen und hängt in der Art an einem Bügel, dafs er bei voller Ladung nur eben die in der Figur angegebene Stellung behält. Er läfst sich also leicht nach

Digitized by Google

der offenen Seite überneigen und entleeren, er thut dieses sogar von selbst, wenn man ihn beim Herablassen mit seinem hintern Ende auf die Seitenwand des Wagens stellt.

Zum Heben dieser Kasten, sowie auch aller gröfsern Steine dienten Krahne, die bei Holyhead in grofser Anzahl vor den Brüchen aufgestellt waren. Dieselben standen auf Wagen, damit sie jedesmal auf den verschiedenen Eisenbahnen an die passendsten Stellen gebracht werden konnten. Sie wurden immer vor die Lastwagen bis unmittelbar an die jedesmalige Steinablagerung geschoben, und wurden alsdann bei der grofsen Länge ihrer Ausleger nicht nur zum Beladen der dahinter stehenden Wagen benutzt, sondern sie versahn zugleich auch die Wagen, die an den Enden eines oder auch wohl beider zunächst befindlichen Geleise standen. Indem die Ausleger aber nicht mit Vorrichtungen versehn waren, wodurch der Aufhängepunkt der Last von der vertikalen Drehungs-Achse entfernt, oder derselben genähert werden konnte, so mufsten die Lastwagen selbst soweit vor- oder zurückgeschoben werden, bis die Steine an die passenden Stellen in denselben trafen.

Die Krahne standen nicht fest auf den Wagen, sondern auf darüber angebrachten Drehscheiben, und aus diesen traten rückwärts, also den Auslegern gegenüber, je zwei Balken etwa 15 Fufs weit vor. Diese bildeten die Bahnen für die Gewichtkasten, die darauf vor oder zurückgeschoben wurden, um für jede Last, die am Ausleger hing, das Gleichgewicht darzustellen. Die Ausleger bestanden aus je zwei schrägen starken Stielen und je zwei Stützen, die sämmtlich mit den horizontal liegenden beiden Balken verbunden waren. Die Steine oder die Kasten mit feinerem Material wurden durch verschiedene Vorgelege mit Kurbeln aufgewunden, während kräftige Bremsen zum Herablassen dienten. Durch andere Kurbeln wurden von denselben Arbeitern die Gewichtkasten verstellt, während andre Arbeiter an jenen rückwärts vortretenden Balken den Ausleger drehten. Aufserdem befanden sich an jedem dieser Wagen noch besondere Zwingen, mittelst deren sie an die Schienen befestigt wurden, wenn beim ersten Anheben der Lasten ein sehr schräger Zug ausgeübt werden mufste.

Die zu hebenden Steine wurden mit Ketten umschlungen

Digitized by Google

und hieran gehoben, man faſste sie aber auch, wenn sie keineswegs lothrecht unter dem etwa 20 Fuſs vor die Mitte des Wagens vortretenden Ausleger sich befanden, sondern zog sie vielmehr oft mittelst des Krahns aus weiter Entfernung herbei. Aufserdem machte man von diesen Krahnen zuweilen noch einen eigenthümlichen Gebrauch. Es geschah nämlich nicht selten, daſs einzelne Blöcke zwar von gröſsern Massen sich bereits getrennt, und zum Theil dazwischen die Fugen sich schon geöffnet hatten, daſs aber dennoch die Steine so fest in einander griffen, daſs man die Kette nicht umlegen konnte. Man trieb alsdann eine lange Brechstange, die am Ende mit einem Auge versehn war, in die Fuge, und faſste mit dem Haken der vom Ausleger herabhängenden Kette dieses Auge. Hierdurch wurde die aufrecht stehende Brechstange seitwärts niedergedrückt, und dabei erweiterte sie die Fuge und trennte die Steine.

Die Schüttung der Dämme kann von Eisenbahnen aus in verschiedener Art erfolgen. Am einfachsten ist die ältere Methode, wonach vor dem jedesmaligen Kopf des Damms die Steine so lange verstürzt werden, bis die neue Schüttung die beabsichtigte Höhe erreicht. In diesem Fall bedarf die Eisenbahn keiner Rüstungen noch sonstiger Unterstützungen, es genügt vielmehr, sie unmittelbar auf die Steinschüttung zu legen, man muſs sie aber immer auf's Neue verlängern, sobald die letztere sich weiter ausdehnt. Dabei tritt indessen eine erhebliche Schwierigkeit ein. Man kann nämlich auf die Krone, sobald sie die volle Breite hat, zwar jedesmal zwei Stränge legen, und auf dem einen derselben die beladenen Wagen vorschieben, während auf dem andern die leeren Wagen zurückgehn. Der Uebergang aus einem Strange in den andern läſst sich indessen mit gewöhnlichen Drehscheiben nicht darstellen, deren wiederholte Verlegung und genaue Aufstellung zu mühsam sein würde. Es bleibt also nur übrig, Weichen anzubringen, und alsdann kann man die Wagen nur einzeln vorschieben, und sie müssen jedesmal wieder über die Weichen zurückgebracht sein, bevor andre folgen dürfen.

Dieser Uebelstand läſst sich freilich vermeiden, wenn man zur Verbindung der beiden Stränge unmittelbar vor dem jedesmaligen Kopf der Schüttung die leichte Bühne benutzt, die im II. Theil dieses Handbuchs § 87 beschrieben ist, und die in

Digitized by Google

Amerika gebraucht wird. Unsere Ingenieure finden indessen selbst bei Ausführung hoher Eisenbahndämme die Anwendung der festen Rüstungen passender, und jedenfalls dürfte jene Bühne beim Schütten von Hafendämmen insofern bedenklich sein, als sie beim Gegenschlagen der Wellen zertrümmert und fortgespült werden würde.

Die Methode, den Damm vor dem jedesmaligen Kopf bis zu seiner vollen Höhe aufzuschütten, und die Eisenbahn, auf der die Steine beigefahren werden, unmittelbar auf die Krone zu legen, war in früherer Zeit üblich. Noch im Jahre 1852 wurde in dieser Weise der Granton-Pier ohnfern Edinburgh ausgeführt. Dabei trat jedoch die Schwierigkeit ein, dafs man vielfache Handarbeit nicht umgehn konnte, und in kurzen Zwischenzeiten die Schüttungen immer unterbrochen wurden, weil man die Bahnen verlängern und die etwa sonst nöthigen Apparate verlegen mufste. Für einen grofsartigen Bau, der in möglichst kurzer Zeit beendigt werden soll, bei dem also Unterbrechungen nicht eintreten dürfen, eignet sich hiernach nicht dieses Verfahren. Für Schüttung von Hafendämmen, deren Krone nur wenig den Wasserstand überragt, verbietet es sich aufserdem noch durch die Beschädigungen, welche hoher Seegang veranlassen würde, wenn man auch, wo bedeutender Fluthwechsel stattfindet, bis zum Niveau des Hochwassers die Schüttung fortsetzen wollte. Endlich würden die verstürzten Steine, indem sie sogleich durch andre überdeckt werden, keine geschlofsne Lagerung annehmen.

Diese Umstände veranlafsten Rendel beim Bau des Hafens Holyhead von diesem Verfahren abzugehn und dagegen von hohen Rüstungen aus, die den bekannten höchsten Wasserstand um 10 Fufs überragten, die Verstürzung vorzunehmen, die er sogar gleichmäfsig in der ganzen Länge des Hafendamms auszuführen beabsichtigte. Offenbar wurden dadurch die erwähnten Mifsstände umgangen, und es war sogar zu erwarten, dafs die aus solcher Höhe frei herabfallenden Steinblöcke sich sogleich fester lagern würden, als wenn sie nach der ersten Methode nur auf der Dossirung herabrollten.

Dabei entstand zunächst die Frage, ob Rüstungen, die sich 70 Fufs über den Boden erheben, hinreichend fest wären, um die schweren Steinwagen noch sicher zu tragen, und selbst unter

Digitized by Google

der Last und der Erschütterung der darüber laufenden Locomotiven weder zu brechen, noch seitwärts auszuweichen. Dieses Bedenken wurde vorzugsweise in Betreff des Wellenschlags angeregt, indem man die Besorgnifs aussprach, dafs bei heftigem Seegang die Rüstung leicht zerstört werden würde. Diesen Einwand konnte Rendel indessen als unbegründet zurückweisen. Bei einer Steinschüttung in der Mill-Bay ohnfern Plymouth hatte er nämlich hierüber schon sichere Erfahrungen gemacht. Die hohen und schlanken Pfähle, die er daselbst zu gleichem Zweck und bei gleicher Wassertiefe aufstellte, widerstanden dem heftigsten Wellenschlag und wurden von demselben sogar in keiner Weise angegriffen. Das Wasser wogte neben ihnen auf und ab, ohne einen gefährlichen Stofs gegen sie auszuüben. Anders verhielt es sich freilich mit den horizontalen Verbandstücken und selbst mit den stark geneigten Streben, die, so oft sie von den Wellen erreicht wurden, sich lösten oder zerbrachen. Die Anbringung solcher Verbandstücke mufste daher vermieden und deshalb die Rüstung so weit gehoben werden, dafs die Verbindungs-Balken und die Bahn von den Wellen nicht erreicht wurden.

In einer Beziehung mufste jedoch von dem angedeuteten ursprünglichen Plan sogleich abgegangen werden. Die Rüstung in der ganzen Länge des Hafendamms liefs sich nämlich nicht sicher aufstellen. Der Meeresboden war zu unrein, als dafs den Pfählen an sich ein gehörig fester Stand gegeben werden konnte, und die Mittel, welche sich sonst anwenden lassen, um Seitenbewegungen zu verhindern, waren nur wirksam, wenn in nicht weiter Entfernung die Rüstung schon durch die Steinschüttungen, wenigstens bis zu einer gewissen Höhe, die volle Steifigkeit erhalten hatte. Es war auch sowohl für die Solidität des Baues, wie für den schnellen Fortgang desselben ziemlich gleichgültig, ob der Bau in seiner ganzen Längen-Ausdehnung oder immer nur in Strecken von etwa 200 Fufs in Angriff genommen wurde. Eben so durfte man auch ohne Nachtheil von der Forderung absehn, dafs die Schichten horizontal aufgebracht würden. Es kam nur darauf an, jeder Schicht ein so schwaches Längefälle zu geben, dafs die Steine, wo sie herabfielen, auch wirklich liegen blieben und nicht herabrollten. Aufserdem mufste auch die Schüttung sich immer auf so grofse Strecken ausdehnen, dafs jede neue

Digitized by Google

Lage, bevor sie durch eine andre überdeckt wurde, hinreichend lange der Einwirkung des Wellenschlags ausgesetzt blieb.

Die Tiefen waren so grofs, dafs nur ausgesuchte Stämme Amerikanischen Holzes die nöthige Länge hatten. Man sah sich im Verlauf des Baues auch gezwungen, wie später bei Portland gleichfalls geschehn, zwei Stämme auf einander zu pfropfen, und durch starke Laschen zu verbinden. Bei der ungeschützten Lage des Hafendamms und dem fast ununterbrochenen Wellenschlag liefsen sich Rammarbeiten von Fahrzeugen aus nicht ausführen. Auch versprachen solche in dem weichen Grunde, der nur in mäfsiger Höhe den Felsboden überdeckte, wenig Erfolg. Vortheilhafter war es, die Pfähle mit der Grundschraube zu versehn und sie einzuschrauben*). Dieselbe bestand damals noch aus Gufseisen, in neuerer Zeit wird sie aus Schmiedeeisen dargestellt, wodurch sie dem Zerbrechen weniger ausgesetzt ist. Sie bildet nur einen einzigen Schraubengang, der etwa 3 Fufs Durchmesser und 9 Zoll Steigung hat. In der Mitte ist sie mit einer Röhre versehn, in welche der Kopf des Pfahls eingesetzt und mit passenden Keilen und Holzschrauben befestigt wird. Einzelne Pfähle, die auf unbedeckten Felsboden trafen, konnte man nur stumpf aufstellen, sie wurden also allein durch die Verbindung mit den übrigen gehalten.

Die Anordnung der Rüstung war derjenigen einer gewöhnlichen hölzernen Brücke ähnlich. In Abständen von 25 Fufs wurden Joche aufgestellt, deren jedes beinahe die ganze Breite der Basis der Schüttung umfafste, und aus acht Pfählen bestand, die durch Holme überdeckt wurden. Bei meinem Besuch der Baustelle im Jahr 1852 war die Grundschraube noch nicht im Gebrauch, sie soll vielmehr erst später benutzt sein. Auf einer der Bahnen stand damals neben dem Ende der bereits aufgestellten und gehörig befestigten Rüstung ein Krahn von derselben Einrichtung, wie diejenige, welche man zum Verladen der Steine benutzte. Er hatte jedoch gröfsere Dimensionen und sein Ausleger trat beinahe 40 Fufs über die Mitte des Wagens hinaus. Derselbe diente zum Aufstellen der Pfähle, die sämmtlich

*) Vergl. Theil I, S. 37. Im folgenden Bande wird diese Schraube näher behandelt, auch in einer Seitenansicht dargestellt werden.

Digitized by Google

mit schweren eisernen Schuhen versehn waren. Nach Maafsgabe einer vorhergehenden genauen Sondirung wurden die Pfähle von angemessener Länge ausgesucht, schwimmend beigeschafft und jeder mittelst des Krahns gehoben und aufgerichtet. Hierauf wurde er durch hochkantig angenagelte Bohlen mit dem festen Theil der Rüstung, wie auch mit den bereits aufgestellten andern Pfählen desselben Joches verbunden. Er stand alsdann, indem er keiner weitern Belastung ausgesetzt wurde, so sicher, dafs man die Kette des Krahns lösen und den folgenden Pfahl desselben Jochs aufstellen konnte. Sobald die sämmtlichen acht Pfähle gerichtet waren, verband man sie durch zwei Zangen mit einander, die sie von beiden Seiten umfafsten und ihre obern Enden in eine gerade Linie brachten. Diese Zangen, die gegenseitig durch Schraubenbolzen scharf zusammen gezogen wurden, waren nicht mit den Pfählen verkämmt, doch wurden sie so sicher gefafst, dafs man von der festen Rüstung aus leichte Hölzer hinüberlegen und so die Rüstung bis zu ihnen verlängern konnte. Die Seitenbewegung eines neuen Joches wurde aber durch schräge aufgenagelte Bohlen verhindert. Es wurde nunmehr eine leichte Ramme aufgebracht, und mittelst derselben jeder Pfahl, soweit es geschehn konnte, in den Grund getrieben. Bei der Erschütterung wurde aber die Reibung gegen die Zangen überwunden, und so ging der Pfahl tiefer herab, ohne dafs letztere an dieser Bewegung merklich Theil nahmen. Nunmehr schnitt man die Pfahlköpfe in der passenden Höhe ab, versah sie mit Zapfen und brachte den Holm auf.

Die Brückenbalken, welche auf 24 Fufs frei lagen, bestanden aus je zwei über einander liegenden und durch Schraubenbolzen verbundenen Balken, die nicht verzahnt waren. Sie mufsten über jedem Joche gestofsen werden, doch fielen die Stöfse nicht zusammen, vielmehr reichte der untere Balken etwa 3 Fufs über das neue Joch fort, während der obere um dieselbe Länge gegen dieses zurückblieb. Zur gröfsern Sicherheit befand sich unter jedem solchen Träger noch ein Sattelholz. Diese Träger waren zugleich die Langschwellen, auf welche die Eisenbahnschienen genagelt wurden, und zwischen diesen blieb der Raum frei, so dafs die Verschüttung der Steine, mit Ausnahme der Stellen, wo die Holme lagen, überall erfolgen konnte. Man hatte freilich

Digitized by Google

hin und wieder, um den gegenseitigen Abstand der Schienen zu sichern, die Träger gegen einander abgesteift und durch eiserne Anker verbunden, doch konnten diese, so oft daselbst die Verstürzung erfolgen sollte, ausgenommen und durch andre in der Nähe ersetzt werden. Aufserhalb der Geleise waren starke Balken von einem Joche nach dem andern gelegt, und auf denselben durch Dielen leichte Laufbrücken in der ganzen Länge der Rüstung dargestellt.

Ein neues Joch war, wie erwähnt, zwar in sich und mit dem vorhergehenden so verbunden, dafs es dem senkrechten Druck widerstehn, sich auch nicht vor- oder rückwärts überneigen konnte, nichts desto weniger blieb es der Gefahr ausgesetzt, eine Bewegung seitwärts zu machen. Durch die üblichen vertikalen Verstrebungen liefs sich dieses nicht verhindern, da solche theils nicht bis zur nöthigen Tiefe herabzuführen waren, theils aber auch dem Wellenschlag nicht widerstanden haben würden. Eben so wenig konnten horizontale Verstrebungen angebracht werden, weil solche den zu den Schüttungen nothwendigen freien Raum sperrten. Endlich liefs sich das neue Joch auch nicht durch Steinschüttungen befestigen, da diese, so lange die Bahn nicht darüber hinausging, nur an der einen Seite möglich waren, und hierdurch das Joch herausgedrängt worden wäre.

Um das Joch gegen das Ueberneigen nach der Seite zu sichern, brachte man in der Richtung desselben auf beiden Seiten schwere Schiffsanker aus, zog diese durch Flaschenzüge möglichst scharf gegen einander, damit beide in der Richtung, in der sie wirken sollten, fest in den Grund eingriffen. Endlich verband man die betreffenden Ankerketten mit Zugstangen, welche durch starke Eisenplatten an beiden Enden des Holms hindurchgezogen und mittelst Schraubenmuttern scharf angespannt wurden. Dadurch war das neue Joch hinreichend gesichert, und von demselben aus konnte sogleich das folgende aufgestellt werden. Man benutzte indessen sehr sorgfältig die ruhige Witterung zu diesen Arbeiten, die im Betriebe der Steinschüttung keine Störung veranlafsten. Die Aufstellung der Rüstung war stets so weit vorangeschritten, dafs man, so oft es nöthig schien, die Schüttungen weiter fortsetzen konnte.

Die Rüstungen, welche beim Bau der Hafendämme von

Digitized by Google

Portland benutzt wurden, stimmen nahe mit den so eben beschriebenen überein. Nach den Mittheilungen von Coode*) scheint es aber, dafs man schon während der Ausführung des Damms bei Holyhead dieselben Aenderungen einführte, die bei Portland gewählt wurden. Hiernach bestand jedes Joch nur aus fünf Pfählen und dieselben waren 30 Fufs von einander entfernt. Die Rüstung erhielt also die Breite von 120 Fufs und darauf befanden sich fünf Bahnen, von welchen aus man die Steine verschüttete. Bei Portland wurden die Pfähle anfangs in den Grund eingeschroben, während man bei Holyhead in der letzten Zeit des Baues es bequemer gefunden hatte, dieselben, nachdem sie aufgestellt waren, von Schiffen aus mit Steinen zu umschütten, und ihnen dadurch den erforderlichen sichern Stand zu geben. Coode erwähnt dabei, man habe sich zu dieser Aenderung veranlafst gesehn, weil bei Portland nicht freie Arbeiter, sondern Sträflinge beschäftigt wurden, und in diesem Fall jene Aufstellung der Pfähle nicht für hinreichend sicher erachtet sei. Man sah sich indessen gezwungen, auch hier die Schrauben wieder zu verlassen. Derselbe Zeuge sagt nämlich in seiner späteren Vernehmung (1860), man habe einige Jahre hindurch die Pfähle eingeschroben und zwar 4 bis 6 Fufs in den Grund. Indem die Rüstungen weiter vortraten, wurde jedoch das Einschrauben wegen der Festigkeit des Bodens überaus schwierig. Etwa 2 Fufs unter der Oberfläche lag eine sehr harte Schicht, die Schraube durchdrang dieselbe nur, indem man die Pfähle hin und her bewegte, der gröfste Uebelstand war aber, dafs, wenn diese dünne Schicht durchdrungen war, die Pfähle mit grofser Leichtigkeit sich weiter einschrauben liefsen. Sie fanden dabei so wenig Widerstand, dafs man wegen ihrer sichern Stellung besorgt wurde, und es traten sogar in einzelnen Fällen die nachtheiligsten Senkungen der Rüstung ein. Jene harte Schicht durfte also nicht durchbrochen werden, und zu diesem Zweck änderte man das Verfahren in der Art, dafs man grofse Steine von 16 bis 20 Quadratfufs Grundfläche durchbohrte, die untern Enden der Pfähle in diese Oeffnungen trieb und mit Bolzen darin befestigte. Nach-

*) Report from the select committee on harbours of refuge, minutes of evidence. 1857.

Digitized by Google

dem die Pfähle hierauf aufgestellt waren, so wurden sie, wie oben beschrieben, mit der bereits befestigten Rüstung verbunden, mit Holmen versehn und alsdann von Schiffen aus Steine rings umher aufgeschüttet.

Die Rüstungen hielten sich bei Portland selbst bei den heftigsten Stürmen sehr gut, und es wird gesagt, dafs solche Beschädigungen, wie bei Holyhead, hier nicht vorgekommen seien. Aufserdem wird gerühmt, dafs in den $8\frac{1}{2}$ Jahren, welche die Schüttungen in Anspruch nahmen, im Ganzen nur während 20 Tagen die Arbeiten wegen zu hohen Seeganges unterbrochen werden mufsten, wogegen die Schüttungen bei Plymouth in jedem Jahre durchschnittlich an 50 bis 60 Tagen aus demselben Grunde eingestellt wurden. Es mufs noch erwähnt werden, dafs auch der nördliche Damm bei Portland, der durch die weite Hafenmündung vom südlichen getrennt ist, und ganz isolirt liegt (§ 61), gleichfalls mittelst Eisenbahnwagen angeschüttet wurde. Die dazwischen befindliche Hafenmündung wurde nämlich durch die Rüstung überspannt, und diese verlängerte man nach und nach bis an das äufsere Ende des isolirten Damms. Coode meint, dafs wenn es darauf ankommt, einen frei liegenden Wellenbrecher, wie den vor Plymouth, zu erbauen, die Ausführung sich wesentlich erleichtern und zugleich wohlfeiler stellen würde, wenn man eine solche Brücke über eine der Mündungen fort an ihn heranführt, und das zu den Schüttungen erforderliche Material nicht auf Schiffen, sondern auf Eisenbahnwagen beischafft.

§ 65.

Steintransport auf Schiffen.

Obwohl der Transport schwerer Lasten auf Eisenbahnen im Allgemeinen theurer ist, als auf Schiffen, so stellt sich dennoch, wie vorstehend nachgewiesen, die Verstürzung des Steinmaterials zu Hafendämmen von den ersteren wohlfeiler heraus, weil dabei theils die Umladung umgangen wird, theils aber auch die Schüttung sich leichter ausführen läfst. Dieses gilt jedoch nur, so lange es sich um sehr grofse Massen handelt, also die bedeu-

Digitized by Google

tenden Anlagekosten durch die Ermäfsigung der Betriebskosten gedeckt werden. Jene Eisenbahnen mit den zugehörigen Rüstungen und sonstigen Förderungsmitteln, welche bei Holyhead und Portland zur Anwendung kamen und eine Reihe von Jahren hindurch ununterbrochen benutzt wurden, würden sich für kleinere ähnliche Bauten nicht rechtfertigen. Für diese ist aber die Anfuhr des Materials zu Wasser insofern vortheilhafter, als der Weg, nämlich die Wasserstrafse, schon vorhanden ist, und gemeinhin sogar keiner Nachhülfe bedarf, die erforderlichen Fahrzeuge aber entweder leihweise oder durch Ankauf leicht beschafft werden können, oder wenn sie auch zu solchem Zweck neu gebaut werden müssen, doch später auch zu andern Verwendungen brauchbar sind. Demnächst läfst sich die Förderung auf Eisenbahnen nur vortheilhaft einrichten, wenn das Steinmaterial, welches angefahren werden soll, in grofser Masse angehäuft, also ein reichhaltiger Bruch vorhanden ist, an welchen man die Bahn heranführen kann. Liegen dagegen einzelne Blöcke zerstreut umher, wie etwa die Granit-Geschiebe im nördlichen Deutschland, so ist man freilich gezwungen, sofern sie nicht in tiefem Wasser sich befinden, sie auf Landwegen zunächst zusammen zu fahren, aber wenn auch dieses geschieht, so ist es leichter, sie an verschiedenen Stellen neben einem Flufs anzusammeln und sie von hier in Schiffe zu verladen, als nach jeder einzelnen Stelle eine Eisenbahn zu führen. Vielfach kommt indessen der Fall vor, dafs die Geschiebe in der See oder in andern schiffbaren Gewässern, und zwar in der Nähe des Hafens liegen, alsdann können sie nicht anders, als mittelst Schiffen gehoben werden, und sobald sie in diese verladen sind, so ist es am einfachsten, sie sogleich auf die Baustelle zu bringen. Beim Bau der bedeutendsten Hafendämme in Preufsen sind die verwendeten Steine grofsentheils aus dem Wasser gehoben.

Ueber das Verladen so wie auch das Verstürzen der Granit-Geschiebe und andrer einzeln gewonnenen Blöcke ist wenig zu erwähnen, weil dabei gemeinhin nur die einfachsten Methoden in Anwendung kommen. Werden die Steine aus dem Wasser gezogen, so bedient man sich dabei der Steinzangen oder Teufelsklauen, von denen im zweiten Theil dieses Handbuchs (§ 52) ausführlich die Rede gewesen ist. Das Verfahren beim

Digitized by Google

Versenken der Steine oder beim Aufbringen auf die Krone des Damms ist selbst gegenwärtig oft noch überaus einfach, und erinnert an jene Zeiten, wo alle mechanischen Hülfsmittel unbekannt waren, und nur die unmittelbar wirkende Menschenkraft zur Anwendung kam, die äufsersten Falles durch einen Hebebaum oder durch eine unter den Stein untergeschobene Rolle unterstützt wurde. In dieser Weise sind früher unsere Molen grofsentheils erbaut worden. Man benutzte sogenannte Steinprahme, oder grofse Fahrzeuge mit flachem Boden und horizontalem Deck. Letzteres schlofs sich der Bordhöhe an, und auf keiner Seite war es von einer höheren Brustlehne, vielmehr nur durch das 1 oder 2 Zoll vortretende Schandeck umgeben. Auf das Deck dieses Prahms wurden von dem Schiff, welches die Steine herbeigeführt hatte, mit Hülfe des Ladebaums einige Blöcke niedergelegt. Der Prahm wurde alsdann an die Stelle geschoben oder gezogen, wo die Steine versenkt, oder auf den bereits über Wasser vortretenden Theil der Krone aufgebracht werden sollten, und nunmehr bemühten sich die Arbeiter unmittelbar oder mit Brechstangen und Hebeln die Steine durch Umkanten und Fortschieben über Bord auf den Damm zu bringen, und auf diesem bis an die passende Stelle zu transportiren. Zur Erleichterung der Arbeit wurde zuweilen eine Rolle untergeschoben, oder auch wohl ein Flaschenzug benutzt, der gegen einen recht grofsen Stein befestigt war. Zuweilen hob man den zu transportirenden Block sogar auf einen Steinwagen, das heifst auf eine kleine, sehr starke Tafel, die nicht etwa auf vier Rädern, sondern auf zwei Rollen ruhte, deren eiserne Achsen unter jener Tafel befestigt sind. Dafs die Arbeit sehr mühsam war, bedarf kaum der Erwähnung, und selbst wenn die Steine aus weiter Ferne bezogen waren, verursachte diese Art des Transports so bedeutende Kosten, dafs dieselben den Werth der Steine mit Einschlufs der Fracht bis an die Baustelle überstiegen.

Bei den Hafenbauten in Pillau bediente man sich schon in früherer Zeit des sogenannten Steinkorbs, um die einzelnen Steine, die im Raum des Schiffs lagen, zu fassen. Diese sehr einfache Vorrichtung ist im zweiten Theil dieses Handbuchs § 52 beschrieben und daselbst auf Taf. XXVII, Fig. 217 *a*, *b* und *c* dargestellt. Sie kann nur als besonders bequem und vollkommen

Digitized by Google

sicher empfohlen werden. Jedenfalls verdient sie den Vorzug vor der Methode, eine einfache Kette um den Stein zu schlingen, wie auch bei Holyhead und Marseille geschah. Um diese anzubringen, mufs man den Stein an einer Seite mit Hebeln oder Brechstangen etwas aufheben, und oft zeigt sich beim Anziehn der Zugkette, dafs die umgeschlungene Windung den Stein nicht gehörig faſst und er herauszufallen droht. Alsdann mufs er wieder herabgelassen und die Kette anders gelegt werden. Diese Schwierigkeiten verschwinden bei dem Steinkorb vollständig. Man kann damit freilich keinen Stein fassen, der noch von andern überdeckt, oder zwischen solchen fest eingeschlossen ist, aber wohl kann man jedesmal einen oder den andern aus der obern Lage leicht in den Korb bringen, und zwar rollt er, wenn der Korb passend angelegt ist, von selbst hinein, sobald der Flaschenzug angezogen ist, und sein Herausfallen ist unmöglich. Bei den sehr bedeutenden Steinlieferungen sowohl für die Süder-Mole, als auch für andre Bauten bei Pillau wurde dieser Apparat ausschliefslich benutzt, und sobald die Arbeiter einige Uebung in der Anwendung desselben hatten, so faſsten sie damit von der einen oder der andern Seite jeden Stein sehr sicher, ohne die Brechstange dabei zu benutzen. Doch müssen die Steinkörbe und die vier Zugketten ungefähr den Dimensionen der Steine entsprechen, wenn daher sehr verschiedene Steine zugleich angeliefert werden, so ist es vortheilhaft, verschiedene Körbe in Bereitschaft zu halten.

Bei diesen Bauten war es niemals Aufgabe, die Steinblöcke sogleich zu versenken, vielmehr wurden sie immer auf die Krone des Damms gebracht, indem diese zunächst sehr stark beschwert werden sollte, und daher auch mit denjenigen Steinen belastet wurde, die zur spätern Ueberdeckung der in den Böschungen vortretenden Senkstücke bestimmt waren. Um die Steine bequem und ohne Vermittelung des Steinprahms auf den im Bau begriffenen Damm zu bringen, benutzte ich vor 50 Jahren eine kleine Eisenbahn, die so leicht war, dafs sie sich bequem versetzen liefs. Dieselbe ist im I. Theil dieses Handbuchs § 42 bereits beschrieben, auch in Fig. 230 auf Taf. XVII ihre Construction angedeutet. Hier mag nur wiederholt werden, dafs ein starker Balken der Länge nach durchschnitten, und die beiden so gewonnenen Halbhölzer hochkantig durch vier Riegel zu einem

Digitized by Google

Rahmen verbunden waren. Die obern Flächen wurden alsdann auf beiden Seiten abgeschrägt, so dafs nur schmale Rücken blieben. Ueber diese liefs ich starke Bandeisen nageln, welche die Bahn bildeten. Darauf lief der kleine Wagen, der in Ermangelung passender Räder von vier gufseisernen Scheiben getragen wurde, die zu grofsen Gienblöcken gehörten.

Zunächst gab ich dieser Bahn eine feste Aufstellung, indem ich sie ohnfern des einen Endes auf einen Bock legte, der auf dem Damm stand, während zur Unterstützung ihres andern Endes eine leichte, verholmte Pfahlwand aufgeführt wurde, an welche die Schiffe anlegten, welche die Steine anfuhren. Diese Einrichtung erwies sich jedoch nicht als zweckmäfsig. Bei der nöthigen Beschleunigung des Baues, und um zugleich die beladenen Schiffe nicht lange aufzuhalten, konnte unmöglich die Zeit abgewartet werden, in der die See sich abgestillt hatte. Das Löschen der Steine mufste auch bei mäfsigem Wellenschlag vorgenommen werden. Das alsdann eintretende Schwanken des Schiffs, das namentlich an der Spitze des Ladebaums, wo der obere Block des Scheerzeugs befestigt war, sehr stark war, machte es oft ungemein schwierig, den hoch über dem Deck schwebenden Stein auf den Wagen zu bringen, der an diesen Schwankungen nicht Theil nahm. Wenn man aber den Stein schon darauf niedergelassen hatte, während das Tau, woran er hing, noch steif war, so geschah es nicht selten, dafs das Schiff plötzlich von einer Welle gehoben, und dadurch auch zugleich der Stein vom Wagen gerissen und in der gefährlichsten Weise umhergeschleudert wurde.

Es erschien daher räthlicher, den Holm von jener Pfahlwand zu beseitigen, und das Ende des Rahmens oder der Eisenbahn unmittelbar auf das Deck des Schiffs zu legen. Alle Bewegungen, die dieses machte, theilten sich nunmehr auch dem am Ende der Bahn stehenden Wagen mit, und der gehobene Stein konnte um so sicherer darauf gelegt werden, als er nur in geringer Höhe über dem Deck schwebte. Die Beseitigung des Korbes war dabei unthunlich, derselbe mufste vielmehr unter dem Stein liegen bleiben, sobald dieser auf dem Wagen ruhte. Es waren jedoch immer mehrere Körbe vorhanden, so dafs keine Störung veranlafst wurde, wenn der Korb jedesmal bis über die Krone des Damms gezogen und nach dem Herabstürzen des

Digitized by Google

Steins erst frei wurde, und alsdann zugleich mit dem Wagen wieder auf das Schiff kam.

Um das Löschen möglichst zu beschleunigen und zu erleichtern, wurden sowohl an das Tau, womit der Stein am Flaschenzuge gehoben wurde, als auch an dasjenige, welches den beladenen Wagen aufwärts bis über den Damm zog, je zwei Pferde gespannt, die am Strande hin und her gingen. Alsdann durften nur einige Arbeiter im Schiff den Korb jedesmal anlegen, und den Stein, wenn er gehoben war, halten, damit er sich sicher auf den Wagen stellte, während zwei andere auf einer leichten Rüstung auf dem Damm standen, um den Stein mit Brechstangen herabzustürzen. Eine Begleitung des Wagens beim Hin- oder Zurückgehn war entbehrlich, letzteres erfolgte sogar bei der starken Neigung der Bahn von selbst, ohne dafs der Wagen gezogen werden durfte.

Die beschriebene Einrichtung war im Sommer 1830 getroffen, und gewährte eine grofse Beschleunigung, indem immer gleichzeitig ein Stein auf den Damm gezogen und ein folgender am Flaschenzuge gehoben wurde. Indem aber für die anzuliefernden Steine nur das geringste Maafs contractlich festgestellt, ihre äufserste Gröfse jedoch nicht bezeichnet war, so wurden sehr massenhafte Blöcke angeliefert, die in einzelnen Fällen bis 40 Cubikfufs hielten. Die Förderung derselben machte niemals irgend welche Schwierigkeit, und die Kosten stellten sich vergleichungsweise gegen die frühern überaus geringe. Sie betrugen kaum den zehnten Theil von denen, welche die Handarbeit sonst veranlafst hatte. Dabei ist auch noch darauf aufmerksam zu machen, dafs die ganze Einrichtung, wie sich aus vorstehender Beschreibung ergiebt, überaus einfach und viel wohlfeiler war, als die frühern Steinprahme.

Auch beim Verstürzen der Steine ins Wasser dürfte der Steinkorb noch vortheilhaft zu benutzen sein. Man braucht nur eine leichte Rüstung zur Seite des Schiffs einzurichten, auf welche man den Stein stellt, während er noch in dem Korbe liegt. Von hier wird er hinabgestürzt, nachdem der Korb gelöst ist. Auch könnte man den Stein unmittelbar aus dem Korbe herabfallen lassen, wenn man den untern Block des Flaschenzugs mit zwei Haken versieht, von denen jedoch nur einer, an dem

Digitized by Google

zwei Endketten des Korbs hängen, ein gewöhnlicher fester Haken ist, der andre dagegen solche Einrichtung hat, dafs er sich leicht öffnen läfst, wobei die beiden andern daran hängenden Ketten frei werden. Solche Haken sieht man häufig an Schleppschiffen, um die Taue, woran die bugsirten Schiffe befestigt sind, wenn es nöthig ist, augenblicklich abwerfen zu können. Andrerseits hat man aber auch mehrfach zum Versenken von grofsen Steinen Haken von derjenigen Einrichtung angewendet, wie sie Fig. 179 auf Taf. XXXV zeigt. Dieselben bestehn aus einer Zange, welche die Ringe fafst. Die Zange wird dadurch geschlossen gehalten, dafs der horizontale Hebel, der an einem ihrer Arme befestigt ist, eine Oeffnung hat, in welche der andre Arm eingreift. Sobald man diesen Hebel aufhebt, wird die Verbindung der Arme gelöst und die Zange öffnet sich. Hierdurch können leicht zwei Ketten jenes Korbes plötzlich gelöst werden, worauf der Stein herabfällt, während der Korb selbst an dem andern Haken hängen bleibt.

In neuester Zeit werden bei der Verlängerung unserer Molen, oder auch bei ausgedehnten Reparaturen derselben, jedesmal vollständige Eisenbahnen darüber gelegt, auf welchen man die Steine vom Landungsplatz im Hafen in kleinen Wagen anfährt, während Krahne und andre Vorrichtungen zum Ausheben der Steine aus den Schiffen und von den Wagen dienen. Die erste Einrichtung dieser Art in Preufsischen Häfen, und zwar mit gleichzeitiger Anwendung bequemer Rollkrahne wurde 1850 bei Gelegenheit der Verlängerung der Molen in Colbergermünde vom damaligen Bau-Inspector Moek getroffen.

Wenn bei dieser Art des Verstürzens nur ein Stein nach dem andern gehoben wird und herabfällt, also die Versenkung viel langsamer von Statten geht, als aus den bei Holyhead angewendeten Eisenbahnwagen, so tritt derselbe Uebelstand auch in den meisten Fällen ein, wo man in andrer Weise von Schiffen aus die Steine verstürzt. Zum Damm vor Cherbourg wurde ein grofser Theil derselben aus freier Hand ausgeworfen, während man die gröfsern mit Ketten umschlang, aufwand und über Bord fallen liefs. Doch konnte auch dieses Manöver nur so lange ausgeführt werden, als die Schüttung noch so tief unter Wasser lag, dafs die Schiffe darüber schwammen.

Digitized by Google

Die kurze Zeit des Hochwassers wurde hierzu sorgfältig benutzt. Sobald aber dieses Verfahren nicht mehr möglich war, und der Damm dennoch erhöht werden mufste, so stellte man kurz vor Eintritt der Ebbe die beladenen Schiffe auf Bankete, die zu diesem Zweck auf der innern Seite des Wellenbrechers besonders eingerichtet waren, und liefs die Steine, nachdem man sie gehoben hatte, von einem Ladebaum zum andern bis an die Stelle übergehn, wo sie niedergelegt werden sollten. Diese Ladebäume waren aber zwischen die obern Steinlagen eingesetzt und wurden von diesen gehalten, während man sie durch gehörig eingerichtete Krahne nicht ersetzen durfte, weil solche durch die Wellen leicht zerschlagen wären.

Beim Bau des Wellenbrechers vor Plymouth, wo nur grofse Steine versenkt werden sollten, hatte man die Fahrzeuge, welche diese herbeiführten, sowohl auf Deck, als auch im Raum mit je zwei Geleisen versehn, und auf diesen standen hinter einander kleine Wagen, von denen jeder schon im Bruch mit einem Stein beladen war. Am Hintertheil des Schiffs, zu beiden Seiten des Ruders, befanden sich zwei Porten, und zu jeder derselben führte eine der obern und eine der untern Bahnen, indem jene sich neben ihr senkten, diese aber anstiegen. Wenn die Steine verstürzt werden sollten, so schob oder zog man mittelst Winden einen Wagen nach dem andern bis dicht an die Porte, und wand alsdann seine Hinterachse so hoch auf, dafs der Stein herabglitt. Konnten die Schiffe aber nicht mehr über die zur Versenkung der Steine bestimmte Stelle gelangen, so wurden zweibeinige Ladeböcke benutzt, die vorn auf dem Schiff standen, und über den Vordersteven hinausragten. An diesen liefs man die Steine zur Zeit des Hochwassers auf den Damm oder wenigstens auf den obern Theil der Dossirung herab, und nunmehr mufsten sie mittelst leicht aufzustellender Krahne bei niedrigerem Wasser weiter geschafft werden.

Das Verstürzen der Steine in grofser Masse, also in gleicher Weise, wie dieses von Eisenbahnen aus geschieht, läfst sich bei der Anfuhr zu Wasser nicht leicht ausführen. Zunächst ist dabei die Versenkung nur bis zu einer gewissen Tiefe möglich, weil die Schiffe über der Schüttung nicht nur schwimmen, sondern auch soweit freien Spielraum haben

Digitized by Google

müssen, dafs die Ladung bis unter sie herabfallen kann. Aufserdem tritt dabei aber noch eine andre sehr erhebliche Schwierigkeit ein. Wagenkasten mit senkrechten Seitenwänden, deren Höhe nicht bedeutend ist, leeren sich nämlich sehr sicher, sobald der ganze Boden sich neigt. Prahmen kann man dagegen eine gleiche Form nicht geben. Der Laderaum in ihnen ist viel gröfser, wenn man daher denselben mit senkrechten Wänden umgeben und den ganzen Boden mit einer oder zwei Klappen schliefsen wollte, so würden diese bei der übermäfsigen Gröfse nicht fest zu verbinden und schwer zu bewegen sein. Dazu kommt noch, dafs man solchen Prahm mit tief liegenden Luftkasten versehn mufs, die ihn tragen, sobald er beladen ist, weil der innere Raum sich nicht wasserdicht abschliefsen läfst. Aus diesen Gründen mufs man den Seitenwänden des Laderaums eine bedeutende Neigung geben, wodurch dieser sich nach unten stark verengt. Diese Einrichtung wird denjenigen Prahmen, welche ausgebaggerten Sand oder Schlamm aufnehmen, gewöhnlich gegeben, und sie entleeren sich auch von selbst, sobald man die Klappen öffnet, wenn nur die Wände unter einem Winkel von etwa 45 Graden gegen den Horizont geneigt sind.

Anders verhält es sich mit Steinladungen. Sobald diese beim Oeffnen der Klappen in den trichterförmig verengten Raum hinabsinken, so entsteht ein starkes Klemmen, und es bilden sich zwischen gröfsern Steinen gewisse Verstrebungen, welche die Bewegung unterbrechen. Man mufs alsdann versuchen, durch starkes Stofsen gegen einzelne Steine, diese zu lösen, und dadurch die ganze Masse herabstürzen zu lassen. Dabei wird jedoch die Verbindung des Prahms stark angegriffen und der beabsichtigte Erfolg dennoch oft nicht erreicht, so dafs nur übrig bleibt, einen Theil der Ladung auszuheben. Dieses ist aber nicht nur mühsam, sondern auch gefährlich, indem man besorgen mufs, dafs alsdann der ganze Inhalt plötzlich in Bewegung kommt und mit den darauf stehenden Leuten hinabstürzt.

Bei den Dammschüttungen bei Marseille mufste man aus dem erwähnten Grunde von dieser Methode der Schüttung abgehn, sobald letztere aus gröfseren Steinen bestand, man hat dafür aber eine andre eingeführt, die freilich keineswegs ge-

Digitized by Google

fahrlos, aber doch von Erfolg war. Jedenfalls verdient dieselbe eine nähere Beschreibung.

Ueber die Gewinnung des Steinmaterials auf der Insel Ratoneau ist bereits § 63 die Rede gewesen, auch erwähnt worden, dafs hier eben so wie bei Holyhead, ein vielfach verzweigtes Netz von Eisenbahnen vor den Brüchen ausgeführt ist, auf dem die Steine bis zu den Schiffen gebracht werden, welche sie weiter fördern. Diese Bahnen haben hier wegen der geringen Länge nur eine geringe Spurweite, und die Gröfse der Wagen entspricht derselben. Letztere werden durch Menschen geschoben, und ihre Bewegung erleichtert sich dadurch, dafs die Bahnen nach dem Ufer hin abfallen. Um die Wagen zu beladen, werden eben so, wie bei Holyhead, bewegliche Krahne auf die äufsern Enden der Eisenbahnen gestellt, und zwar haben diese sehr genau dieselbe Einrichtung, die oben (§ 64) beschrieben ist. Ein Unterschied findet nur in sofern statt, als die Krahne hier nicht durch Menschen in Bewegung gesetzt werden, sondern jeder derselben eine kleine Dampfmaschine trägt, welche die Steine herbeizieht, aufhebt und auf die Wagen niederläfst. Demnächst ist auch hier die Einrichtung getroffen, dafs jedes Geleise vor der Ausladestelle über eine Brückenwage geführt ist, auf der jeder beladene Wagen gewogen wird.

Wenn die Wagen nur kleinere Steine anbringen, so laufen sie auf Bahnen, die sich bis über das Schiff fortsetzen, und auf denen die Steinkasten umgekippt werden. Besteht die Ladung dagegen aus gröfsern Steinen, die theils beim Herabfallen das Schiff oder das Deck desselben beschädigen würden, die aber theils auch regelmäfsig aufgebracht werden müssen, damit die spätere Verstürzung sicher erfolgen kann, so schiebt man den Wagen nur bis an das Ufer unter eine Rüstung, die in angemessener Höhe sich soweit fortsetzt, dafs sie die ganze Breite des Schiffs überspannt. Diese Rüstung, die im Innern frei ist, trägt eine Eisenbahn, auf welcher ein Rollkrahn steht. Diesen schiebt man über den Wagen, hebt einen Stein nach dem andern ab, und läfst ihn auf der passenden Stelle des Decks nieder.

Das Verstürzen erfolgt in der Art, dafs die gange Ladung auf dem flach gewölbten und mit keiner Umfassung versehenen Deck liegt, dafs man aber das Schiff, sobald es entladen werden

Digitized by Google

soll, in sehr starke Seitenschwankung versetzt, wobei die Steine herabfallen. Diese ziemlich stumpf gebauten, jedoch mit einem wenig vortretenden Kiel versehenen Schiffe waren 57 Fufs lang und $17\frac{1}{2}$ Fufs breit. Ihre Tragfähigkeit wurde zu 150 Tons angegeben, woher die Ladung etwa 12 Schachtruthen volle Steinmasse enthielt.

Die kleinern und mittlern Steine werden unmittelbar auf das Deck gebracht, wenn das Schiff dagegen grofse Steine führen soll, so legt man zunächst hölzerne Rollen parallel zum Kiel aus, und hierauf stellt man vorsichtig die Steine, so dafs sie nicht unmittelbar das Deck berühren. Sobald vier Schiffe beladen sind, so werden sie durch ein Dampfboot aus dem Hafen an diejenigen Stellen bugsirt, wo die Verstürzung erfolgen soll. Diese Stellen sind durch Kreuzmarken für jede Sorte von Steinen bezeichnet. Daselbst legt sich jedes Schiff vor zwei Anker, von denen einer nach vorn und der andre nach hinten ausgebracht ist.

Nunmehr beginnt eine eigenthümliche Vertheilung der Ladung, die im Hafen nicht erfolgen konnte, weil sie bei der Fahrt leicht das Herabstürzen der Steine veranlafst hätte. Während auf der einen Seite ein so grofses Uebergewicht dargestellt wird, dafs sich das Schiff hier stark überneigt, so bringt man als mäfsiges Gegengewicht einige besonders grofse und lange Steine, die jedesmal zu diesem Zweck besonders hinzugefügt werden, auf die entgegengesetzte Seite, und schiebt sie soweit über Bord, dafs sie nur so eben noch sicher liegen. Man überpackt sie auch wohl mit andern kleinen Steinen, doch immer in der Art, dafs sie mit der geringsten Mühe übergekippt und hinausgeworfen werden können. Sobald diese Umladung geschehn ist und an sechs Stellen des hochliegenden Schiffsrandes solche Gegengewichte dargestellt sind, so stellen sich jedesmal zwei Mann an ein solches, und werfen es auf den Ruf des Aufsehers gleichzeitig über Bord. Unmittelbar hierauf schwankt das Schiff nach der andern Seite, die schon früher stark überlastet war, und nimmt eine so schräge Stellung an, dafs das Deck hier unter Wasser tritt und ein grofser Theil der Ladung herabfällt. Die Entlastung ist aber nicht gleichmäfsig, sie erfolgt vielmehr nur auf der Seite, welche sich abwärts neigt. Die entgegengesetzte ist daher nunmehr am meisten beschwert, und sowohl durch die

Digitized by Google

Schwankuug, wie auch in Folge des jetzigen Uebergewichts sinkt diese herab, und es stürzt dabei gleichfalls ein Theil der Ladung in das Wasser. Die oscillirende Bewegung dauert fort, und etwa während vier Schwankungen sieht man noch Steine herabfallen. Ein Theil der Ladung bleibt indessen auf dem Deck liegen, und mufs aus freier Hand oder mit Hülfe von Brechstangen über Bord geschafft werden.

Ich sah dieses Manöver mehrmals ausführen. Die Schwankungen erfolgten in solchen Zwischenzeiten, dafs die Arbeiter, welche die Steine herabgeworfen hatten, bequem nach dem Vorder- oder Hintertheil des Schiffs gehn konnten, bevor die Seite, wo sie gestanden hatten, unter Wasser kam. Mir wurde jedoch gesagt, dafs zuweilen auch Unglücksfälle eingetreten und alsdann die Leute durch die Steine herabgestossen und verschüttet wären, so dafs sie nicht mehr aufschwimmen konnten und jeder Rettungsversuch unmöglich blieb. Das Schiff entladet sich, wie erwähnt, niemals vollständig, gewöhnlich bleibt der dritte oder vierte Theil zurück. In einem Fall sah ich die Verstürzung ganz mifslingen, indem kaum der vierte Theil der Ladung herabfiel.

Mir wurde mitgetheilt, dafs für das Sprengen, Verladen, für den Transport und das Versenken eines Cubikmeters voller Steinmasse durchschnittlich 10 Francs bezahlt werden. Nach den Mittheilungen von Latour und Gassend*) scheint der Preis sich noch höher zu stellen, wenn man indessen auch nur jenen Satz annimmt, so würde die Schachtruthe der Schüttung, und zwar in voller Masse gerechnet, sich auf 30 Mark stellen, während dieselbe Steinmenge bei Holyhead mit Einschlufs der Verstürzung, wie oben (§ 63) erwähnt, nur 9 Mark kostete. Es ergiebt sich hieraus, welchen grofsen Vorzug der Transport auf Eisenbahnen hat.

---

*) Travaux hydrauliques maritimes, par Latour et Gassend. Marseille 1860.

Digitized by Google

§ 66.

Der Hafen Holyhead.

Im Westen der Insel Anglesea, die Dublin gegenüber in den Irischen Canal weit vortritt, liegt durch einen schmalen Meeresarm getrennt die kleine Felsen-Insel Holyhead. Von derselben wurde schon in früherer Zeit vorzugsweise die Verbindung mit Irland unterhalten. Es gab zwar noch zwei andre Verbindungen, nämlich im Süden zwischen Milford-Haven und Waterford, und im Norden zwischen Port Patrick und Donaghadee. In der letzteren hatte der Wasserweg die geringste Länge, er entfernte sich aber soweit von der gegenseitigen Richtung der beiden Hauptstädte London und Dublin, dafs Reisende ihn nur selten benutzten. Die Ueberfahrt von Dublin nach Holyhead wurde trotz der mangelhaften Verkehrs-Anstalten doch immer als der bequemste Weg betrachtet. Derselbe war indessen nach Telford's Mittheilung bis zum Jahr 1815 mit grofsen Schwierigkeiten verbunden. Der Landungsplatz auf der Irischen Seite lag innerhalb der Barre des Flusses Liffey, und die Ueberfahrung derselben war nicht nur schwierig, sondern auch oft gefährlich. Der Irische Canal ist hier gegen 15 Deutsche Meilen breit und gemeinhin einem heftigen Wellenschlag ausgesetzt. Bei ungünstiger Witterung vergingen oft mehrere Tage, ehe man Holyhead erreichte. Hier wurden die Reisenden auf den kahlen und ganz ungeschützten Felsen ausgesetzt. Sie fuhren alsdann etwa 5 Deutsche Meilen weit auf den unebenen Wegen zwischen den Bergen der Insel Anglesea, bis sie die Menai-Strafse erreichten. Ueber diese wurde in einem offenen Fährboote übergesetzt, das nur bei einem gewissen Stande der Fluth abgehn konnte, wo es also wieder langen Aufenthalt und wenig Bequemlichkeit gab. Alsdann gelangte man zu den schmalen, durch keine Brustmauern geschützten und sehr schlecht unterhaltenen Strafsen von Nord-Wales, und selbst bis nach London hin befanden sich die Strafsen in einem höchst mangelhaften Zustand. Die Parlaments-Mitglieder aus Irland führten stets bittere Beschwerde über die Strapazen und Gefahren, denen sie auf der Reise ausgesetzt waren.

Digitized by Google

John Rennie der ältere erhielt 1801 den Auftrag, diejenige Stelle im Irischen Canal auszusuchen, die mit Berücksichtigung der Verkehrs-Verhältnisse sich am meisten zum Uebergange der Packetböte eignete. Er entschied sich für die Linie zwischen Dublin und Holyhead. Die tief in das Land tretende Bucht am letzten Ort bildete schon im natürlichen Zustande bei vielen Winden eine ziemlich sichere Rhede, und wurde daher von den Schiffern nicht selten als Zufluchtsort benutzt. Ein geschützter und leicht zugänglicher Hafen liefs sich hier mit wenig Kosten einrichten. Auf Irischer Seite hielt er auch einen Hafen für nothwendig, damit die Packetböte nicht die Barre passiren dürften, vielmehr bei jedem Wasserstand sicher einlaufen könnten. Für den letztern wählte er aber das nördliche Ufer des Liffey, neben dem Städtchen Howth, wofür indessen das südliche Ufer passender befunden und der Hafen Kingstown erbaut wurde. Rennie entwarf die Projecte zu beiden Häfen, und 1808 bewilligte das Parlament zur Erbauung derselben die Summe von 10 000 Pfund. Die Ausführung wurde unter Leitung desselben Ingenieurs auch sogleich begonnen und beinahe beendigt. Nach dem Tode von Rennie wurde die Beaufsichtigung über die noch fehlenden Arbeiten an Thomas Telford übertragen. Letzterer hatte schon früher die Verbesserung der Strafsen in Anglesea und in Nord-Wales geleitet, und hieran schlofs sich später der Bau der bewunderungswürdigen Menai-Kettenbrücke an, die 1826 eröffnet wurde. So waren nunmehr bequeme und ziemlich sichere Anlegeplätze für die Packetböte geschaffen, und die Reisenden fuhren, sobald sie in Holyhead landeten, auf guten Strafsen weiter. Nachdem die Eisenbahnen Eingang gefunden hatten, mufste indessen für die unmittelbare Verbindung derselben mit den Anlegeplätzen der Packetböte gesorgt werden. An der Küste von Irland war diese Bedingung bereits erfüllt, da vom Hafen Kingstown (§ 33) eine Eisenbahn nach Dublin erbaut wurde. Dagegen schien es bedenklich, auf der gegenüber liegenden Seite Holyhead zu wählen, da es eines Theils zweifelhaft war, ob der Menaistrom so sicher zu überbrücken sei, dafs Eisenbahnzüge die Insel Anglesey erreichen könnten. Aufserdem bot der kleine Hafen Holyhead bei nordwestlichen Stürmen keineswegs die nöthige Sicherheit. Man dachte daher daran, einen Punkt am Ufer von Caernarvon-Shire,

Digitized by Google

nämlich entweder die Ormes-Bucht im Westen, oder den kleinen Hafen Porthdynllaen im Süden von Anglesey zu wählen. J. Rennie sprach sich namentlich dafür aus, während Rendel, der mit der Chester-Holyhead-Eisenbahn-Gesellschaft in Verbindung stand, nicht nur für die Möglichkeit der Ueberführung der Eisenbahn über den Menaistrom eintrat, sondern auch die Nothwendigkeit der Verbesserung des Hafens Holyhead nachwies, damit derselbe, abgesehn vom Dienst der Packetböte, auch ein sicherer Nothhafen würde, wozu man ihn bereits vielfach benutzte. Hiernach wurde 1847 die Ausführung des Hafenbaues nach Rendel's Project von der Regierung genehmigt. Gleichzeitig war auch der Bau der Eisenbahnbrücke über den von den gröfsten Schiffen befahrenen Menaistrom in Angriff genommen. Dieses ist die 1850 eröffnete Brittaniabrücke, die ihren Zweck zwar vollständig erfüllt, die aber neben Telford's schöner Kettenbrücke, als Kasten- oder Röhrenbrücke einen wenig gefälligen Anblick gewährt.

Der Hafen Holyhead liegt am hintern Ende einer trichterförmigen Bucht, oder im Eingange eines sehr flachen Meerarms zwischen der gleichnamigen Insel und Anglesey. Die Bucht, welche in nordwestlicher Richtung dem Meer zugekehrt ist, hat durchweg grofse Tiefe, ist etwa 2 Deutsche Meilen lang, in ihrer Mündung $1\frac{1}{2}$ und am Ende $\frac{3}{4}$ Meilen breit. Im hintern Theil ist sie gegen die meisten Winde geschützt, doch bei Nord-Weststürmen tritt darin heftiger Wellenschlag ein.

Fig. 180 zeigt die Situation des alten und des neuen Hafens. Was den ältern betrifft, so wurde auf einem in östlicher Richtung vorspringenden Felsriff ein Damm hinausgeführt, und hierdurch eigentlich der ganze Hafen gebildet. Die anschliefsende Bucht, die sich zuerst nach Westen und alsdann nach Süden wendet, ist etwa 220 Ruthen lang und durchschnittlich 90 Ruthen breit, sie hat sonach eine bedeutende Ausdehnung, doch fehlt ihr die Tiefe, denn bei jeder Ebbe entleert sie sich, woher sie in der Situation auch nicht als Wasserfläche bezeichnet ist. Der Boden besteht aus gewachsenem Felsen, der mehr oder weniger mit Schlamm bedeckt ist. Rennie wollte diese Bucht in ein Dock oder einen Flotthafen verwandeln, was jedoch nicht geschehn ist, und bei den bedeutenden Kosten der Umschliefsung, so wie der Schleuse und der nöthigen Sprengungs-Arbeiten auch kaum gerecht-

Digitized by Google

fertigt sein würde, da Holyhead in mercantilischer Beziehung wohl nie von Bedeutung werden kann. Obwohl die directe Verbindung mit Irland sowohl für den Personenverkehr, als in politischer Beziehung dem Orte grofse Wichtigkeit geben, so ist bei dessen isolirter Lage und der Abwesenheit eines reichen Hinterlandes doch ein bedeutender Handelsverkehr hier nicht zu erwarten, vielmehr werden die in Irland befrachteten Schiffe stets den Weg nach Liverpool einschlagen, wo nicht nur die industrielle Thätigkeit in unmittelbarer Nähe den Absatz sichert, sondern auch das ausgedehnte Canalnetz eine wohlfeile Versendung der Güter in das Binnenland ermöglicht.

Der Fluthwechsel im Hafen mifst zur Zeit der Springfluthen durchschnittlich 15 Fufs 6 Zoll, und das Felsriff, auf dem der Damm an der Nordseite des alten Hafens erbaut ist, erhob sich stellenweise bis 5 Fufs unter Niedrigwasser der Springfluthen. Um die Felsen zu bezeichnen, stand an der Stelle, wo gegenwärtig dieser Hafendamm beginnt, ein Leuchtthurm. Derselbe ist bei dem Ausbau des Hafens auf den Kopf des Damms versetzt, und an seiner früheren Stelle sieht man jetzt ein dorisches Portal, welches den Zugang zu diesem Damm bildet, und wie die Inschrift besagt, zu Ehren Georg IV., des Erbauers des Damms, errichtet ist.

Dieser Hafendamm war früher 1100 Fufs lang und erstreckte sich bis zur Tiefe von 14 Fufs bei Niedrigwasser. 1858 wurde er um 450 Fufs und bis zur Tiefe von 16 Fufs unter Niedrigwasser bei Springfluthen verlängert. Er besteht grofsentheils aus schweren Blöcken eines festen Serpentinsteins, der in der Nähe bricht. Fig. 173 zeigt sein Profil. Er lehnt sich auf der Hafenseite gegen eine Quadermauer, die sich 6 Fufs über das Hochwasser der gewöhnlichen Springfluthen erhebt, und nach einem Kreis-Segment profilirt ist. Bei ihrer Erbauung wurde theils zur Ebenung des Bodens und theils zum Versetzen der untern Schichten die Taucherglocke benutzt. An diese Mauer schliefst sich ein gepflasterter Weg von 50 Fufs Breite an, der seeseitig von einer 7 Fufs hohen und 8 Fufs starken Brustmauer begrenzt wird. Letztere sollte das Ueberschlagen der Wellen verhindern, damit man auch während eines heftigen Sturms den Damm betreten und den einkommenden Schiffen Hülfe leisten

Digitized by Google

könnte. Die Brustmauer, die zugleich die Krone der flachen seeseitigen Dossirung bildet, verhindert aber nicht das Ueberschlagen der auflaufenden Wellen. Nach den Aussagen der auf Veranlassung des Parlaments vernommenen Zeugen wird bei starken Nordwest-Winden das Betreten des Hafendamms unmöglich. Diese Mauer zieht sich im Halbkreise um den Leuchtthurm herum, woher der Kopf des Damms eine bedeutend gröfsere Breite, als der übrige Theil der Dammkrone hat, er wird auch seewärts von einer steilen Futtermauer begrenzt, so dafs die Schiffe unmittelbar an ihm vorübergehn können. Die seeseitige Böschung, die nach Rennie's Angabe eine vierfache und in der Nähe des Kopfs sogar eine fünffache Anlage erhalten hat, soll früher bis zum niedrigsten Wasser ganz regelmäfsig ausgeglichen und mit grofsen Blöcken abgepflastert gewesen sein. Als ich jedoch im Jahr 1852 den Damm sah, war diese Abpflasterung nicht mehr zu erkennen, vielmehr befand sich die ganze Böschung in einem höchst unregelmäfsigen Zustande. Es waren theilweise tiefe Löcher darin aufgerissen und andrerseits wieder höhere Haufen von Steinen zusammengeworfen, wie dieses bei flachen Böschungen, namentlich unter Wasser, immer zu geschehn pflegt. An solchen Häfen, die keiner merklichen Fluth und Ebbe unterworfen sind, läfst sich dieses weniger wahrnehmen, als an der Englischen Küste, wenn man diese Böschungen bei niedrigem Wasser sieht.

Der Leuchtthurm ist aus Werkstücken erbaut. Eilf mit Reverbeuren versehene Lampen sind in zwei Reihen übereinander aufgehängt, durchschnittlich 48 Fufs über Hochwasser der Springfluthen. Sie verbreiten das Licht von Nordwest bis Nordost.

Um den Hafen möglichst gegen Wellenschlag zu sichern, wurde von dem Felsenufer an der südlichen Seite, dem Kopf des erwähnten Damms gegenüber, noch ein zweiter ähnlicher Damm hinausgeführt, an dessen innere Seite diejenigen Dampfschiffe gelegt werden, die nicht im Dienst sind. Beide Dämme waren auf den innern Seiten ohnfern ihrer Köpfe noch mit kurzen Flügeln oder Sporen (Spurns) versehn, welche theils die dahinter liegenden Schiffe bei starkem Seegange etwas mehr schützten, theils aber auch bei niedrigeren Wasserständen Anlegeplätze für die Packetböte bildeten, indem sie in tieferes Wasser

Digitized by Google

hinausreichten. Der ältere Rennie hat solche mehrfach ausgeführt, doch kommen sie in neueren Hafenanlagen nicht vor, weil sie den Raum zu sehr beengen und oft die Bewegung der Schiffe behindern.

Die Mündung des Hafens zwischen den Köpfen dieser Dämme ist etwa 450 Fufs weit und bei niedrigem Wasser 10 bis 12 Fufs tief. Aufser dieser Hauptmündung gab es früher noch einen zweiten Zugang zum Hafen, nämlich zwischen der kleinen Insel Salt-Island, an welche der nördliche Hafendamm sich anschliefst und der Stadt. Bei ruhiger See wurde dieselbe zuweilen von kleinern Schiffen benutzt, woher sie mit einer Drehbrücke von 40 Fufs Weite überspannt war. Später ist die Eisenbahn auf einer festen Brücke darüber geführt, unter der bei passenden Wasserständen noch Fischerböte hindurch gehn.

Zur Erleichterung des Verkehrs wurde die Eisenbahn von der Station aus, die sich auf der südlichen Seite des Städtchens Holyhead befindet, bis auf den erwähnten nördlichen Hafendamm geführt, wo sie nahe vor dem Leuchtthurm endet. Das Städtchen erstreckt sich aber unmittelbar bis an jene Bucht, die sich bei jedem Hochwasser anfüllt. Es blieb daher nur übrig, die Bahn auf einem Damm herumzuführen, auch mufste sie weiterhin zur Vermeidung scharfer Krümmungen in gleicher Weise an zwei Stellen über das Ufer hinausgelegt werden. Mit der Einführung gröfserer Dampfschiffe, deren Abgang übereinstimmend mit der Ankunft des Eisenbahnzuges an bestimmten Stunden erfolgen mufste, trat der Uebelstand ein, dafs vor dem nördlichen Hafendamm zuweilen die nöthige Wassertiefe nicht vorhanden war. Dieses gab Veranlassung zur Erbauung der hölzernen Landebrücke, die vom nördlichen Damm aus in den Hafen tritt, und in einen langen Flügel übergeht. Die kleine Bucht oberhalb dieses Einbaues ist später verfüllt und zur Einrichtung einer zweiten Eisenbahnstation benutzt worden. Endlich hat man auch noch den an der westlichen Seite des Hafens liegenden hohen Felsen durch einen Damm mit dem Ufer verbunden, um dadurch für Fischerböte einen gesicherten Hafen zu bilden, der freilich bei jeder Ebbe trocken wird.

Auf der Südseite des Hafens wurde bald nach dessen Erbauung ein Trocken-Dock von 45 Fufs Weite angelegt.

Digitized by Google

Dasselbe genügte indessen nicht zur Aufnahme der gröfsern Dampfschiffe. Es erhielt daher beim spätern Umbau die Weite von 70 Fufs und die Länge von 300 Fufs. Seine Sohle liegt 2 Fufs über den niedrigsten Ebben, und seine 65 Fufs weite Oeffnung wird durch ein eisernes Ponton geschlossen, das, sobald ein Schiff ein- oder ausgebracht werden soll, in eine dafür eingerichtete Bucht oder kleinen Hafen auf der östlichen Seite geschoben wird.

Schon früher (§ 32) war von der Kette die Rede, die vor der Mündung dieses Hafens über den Felsboden gespannt ist, damit die Anker der in starker Fahrt einkommenden Schiffe darin eingreifen, und die Geschwindigkeit mäfsigen können. Die Figur zeigt die Lage dieser Kette.

Es ergiebt sich aus diesen Mittheilungen, dafs der ältere Hafen zwar für den gewöhnlichen Verkehr genügte, auch mit den Anstalten zur Reparatur der Packetböte versehn war, dafs ihm jedoch, wenn zufällig eine lebhafte Passage eintrat, also namentlich bei Truppen-Sendungen, die nöthige Räumlichkeit und besonders hinreichende Anlegeplätze fehlten. Aufserdem traten bei nordwestlichen Winden die Wellen sehr heftig ein, und die Schiffe lagen alsdann keineswegs sicher, so wie auch bei starken westlichen Winden das Einlaufen der Segelschiffe sehr schwierig war, und die augenscheinlichste Gefahr eintrat, wenn sie zufällig die Mündung verfehlten. Als Sicherheitshafen und zur Stationirung von Kriegsschiffen war daher dieser Hafen theils wegen der vorstehend erwähnten Uebelstände, und besonders wegen der mangelnden Räumlichkeit und Tiefe ganz ungeeignet. Der ältere Rennie hatte schon in dem ersten Entwurf eine weitere Ausdehnung des Hafens in Aussicht gestellt, und zwar nicht nur durch die Umwandlung der innern flachen Bucht in einen Flotthafen, sondern auch durch Verlängerung des nördlichen Hafendamms um etwa 1000 Fufs, während dem neuen Kopf gegenüber auf einem natürlichen Felsenriff ein zweiter südlicher Hafendamm, der dem vorhandenen parallel läuft, ausgeführt werden sollte. Auf dieses Project, welches indessen selbst für kleinere Schiffe keinen brauchbaren Sicherheitshafen dargestellt, und noch weniger den Anforderungen der grofsen Schiffahrt genügt haben würde, ist man nicht wieder zurückgekommen.

Digitized by Google

Das Project zum neuen Hafen, nach welchem die Ausführung erfolgte, von dem aber später wesentlich abgegangen wurde, rührt, wie bereits erwähnt, von J. M. Rendel her. Derselbe liefs den alten Hafen ganz unberührt, weil er die nöthige Erweiterung und sonst erforderliche Einrichtung desselben für zu kostbar, andrerseits aber es auch für nothwendig hielt, dafs der Verkehr während des Baues gar nicht gestört, vielmehr auch in dieser Zeit ganz unbehindert wie bisher betrieben werden könnte. Andre Ingenieure, namentlich J. Walker, waren andrer Ansicht und hielten es für angemessener, den bestehenden Hafen zu vergröfsern und mit den nöthigen Abänderungen zu versehn. Es scheint, dafs nach diesem die Vergröfserung auf der nördlichen Seite erfolgen sollte, doch ist das Nähere hierüber nicht bekannt. Rendel sagt, eine grofse Anzahl von Projecten für den neuen Hafen seien der Admiralität vorgelegt, und ihm der Auftrag ertheilt worden, diese zu prüfen, er halte sie jedoch sämmtlich für weniger zweckmäfsig, als das von ihm entworfene, woher er dieses allein empfehlen könne. Dieses Project ist folgendes.

In der Entfernung einer Viertelmeile westwärts vom alten Hafen tritt ein Felsriff, Soldiers-Point genannt, weit in die See vor. Hier beginnt der Hafendamm, der den Sicherheitshafen gegen westliche und nördliche Stürme schützt. Er sollte sich nach diesem ersten Projecte nur von *H* bis *B* (Fig. 180), also auf 430 Ruthen Länge erstrecken. Die Tiefe mifst in dieser Linie meist 40 Fufs oder darüber, bei *B* war sie 48 Fufs, und scheint seewärts auf weite Entfernung nicht zuzunehmen. Auf diesem Kopf sollte ein Leuchtthurm erbaut werden, so wie auch auf dem Kopf des von Süden her entgegen tretenden Damms, für den im Allgemeinen diejenige Richtung und Ausdehnung bestimmt war, welche die Zeichnung angiebt. Die Weite der Hafenmündung war ursprünglich zu 900 Fufs angenommen, doch sollten während des Baues Erfahrungen darüber gesammelt werden, ob diese Weite angemessen oder eine Aenderung derselben nöthig sei. Der letzte Hafendamm, in der Zeichnung mit *CD* markirt, sollte mit dem anschliefsenden südlichen Ufer allein für militärische Zwecke bestimmt bleiben. Hier sollten Trocken-Docks, Hellinge, Magazine, Werkstätten und andre Anstalten zum Neubau, zur Reparatur und Ausrüstung von Kriegsschiffen

Digitized by Google

eingerichtet, und die Hafenmauer soweit hinausgerückt werden, dafs bei jedem Wasserstand selbst Linienschiffe unmittelbar daneben liegen könnten.

Um diesen Theil des Hafens gegen die Wellen der See zu sichern, sollte von dem Kopf des zweiten Damms aus noch ein Flügel erbaut werden, der in westlicher Richtung von *D* nach *E* vortritt. Es mufste jedoch bei der Ausdehnung des Hafenbassins auch für hinreichenden Schutz gegen denjenigen Wellenschlag gesorgt werden, der sich in demselben bildet. Für die vor Anker liegenden Schiffe war diese Rücksicht entbehrlich, nicht aber für diejenigen, die an den Kaimauern liegen. Um zugleich die erforderlichen Anlegeplätze zu schaffen, wurde noch ein dritter Pier im Innern des Hafenbassins angenommen, den die Zeichnung bei *FG* in punktirten Linien angiebt. Der auf der Westseite desselben belegene Theil war der eigentliche Sicherheitshafen, in welchem die Schiffe nur vor Anker liegen, woselbst also Anlegestellen entbehrlich, und nur einige Treppen und Rampen erforderlich waren, auf denen Personen ans Ufer gelangen und Ausrüstungs-Gegenstände den Schiffen zugeführt werden konnten. Endlich sollte von spätern Erfahrungen die Ausführung anderweiter Anlagen neben dem Sicherheits-Hafen, wie Trocken-Docks und dergleichen, abhängig bleiben. Hinreichender Raum für solche war vorhanden.

Der Theil des Hafens, der sich auf der Ostseite des mittleren Piers befand, war nicht in seiner ganzen Ausdehnung für die Kriegs-Marine bestimmt, er sollte zugleich die Packetschiffe aufnehmen, die an der östlichen Seite dieses Piers anlegten. Ursprünglich beabsichtigte Rendel noch einen 500 Fufs langen Flügel von dem Kopf des mittlern Damms in östlicher Richtung auszuführen, um den Kriegs- und Packetboot-Hafen noch mehr gegen Wellen zu schützen. Er ging jedoch hiervon ab, indem er sich überzeugte, dafs dadurch das Einlaufen grofser Schiffe zu sehr erschwert würde. Auf diesen mittleren Pier sollte endlich die Eisenbahn gelegt werden, die nach den Anlegestellen der Packetböte führte, während auch die Schiffe der Handels-Marine an die westliche Seite desselben Piers anlegen und vorkommenden Falls, zur Befrachtung oder Ausrüstung, von dieser Bahn Nutzen ziehn konnten.

Digitized by Google

Was die Construction der äufsern Hafendämme betrifft, so entschied sich Rendel für diejenige, die nach vielfachen Erfahrungen schliefslich für Cherbourg gewählt war, nämlich für eine Steinschüttung, die vom niedrigsten Wasser ab eine starke und steile Mauer trägt. Fig. 163 zeigt das Profil derselben. Ein unmittelbares Anlegen der Schiffe kann dabei nicht stattfinden, dieses ist aber auch entbehrlich, und nur an der innern Seite des Damms *CD* mufste dieses wenigstens theilweise berücksichtigt werden, eben so durften die Steinschüttungen vor die sämmtlichen Köpfe der Dämme nicht in der Art vortreten, dafs sie von den Schiffen berührt werden konnten. An allen diesen Stellen sollten daher die Mauern mit Benutzung von Taucherglocken 30 Fufs unter das niedrigste Wasser herabgeführt werden.

Die ganze Hafenanlage wurde wesentlich dadurch erleichtert, dafs ein überreicher Steinbruch sich in grofser Nähe befand. Es war sonach die Gelegenheit zur wohlfeilen und bequemen Beschaffung von Steinmaterial in der günstigsten Weise geboten. Die Anordnungen, die Rendel in dieser Beziehung hier in grofsem Maafsstabe traf, verdienen ohne Zweifel die vollste Anerkennung und Berücksichtigung. Dieselben sind bereits § 63 und 64 beschrieben.

Nichts desto weniger erhoben sich vielfache Bedenken gegen das ganze Project. Zunächst wurde bezweifelt, ob der Stein, der hier bricht, für Bauten am Meer brauchbar ist und die nöthige Dauerhaftigkeit besitzt. George Rennie meinte, der Berg bei Holyhead liefere kein brauchbares Material, er sei so zerklüftet, dafs man 10 bis 12 Tage sprengen müsse, bevor man einen Block gewinnt, der hinreichend grofs und fest ist, um der starken Brandung am Hafendamm Widerstand zu leisten. Sein Vater habe aus diesem Grunde schon für den Damm am alten Hafen die Steine aus weiter Ferne bezogen. Andrerseits wurde auch die Besorgnifs ausgesprochen, dafs Blöcke, welche beim Brechen hinreichend fest wären, doch durch die Berührung des Seewassers bald zerfallen würden. Wie solche Besorgnifs angeregt werden konnte, ist gewifs auffallend, da die steile Felswand an der Seeseite weder zerklüftet ist, noch einen starken Angriff durch chemische oder mechanische Kräfte erkennen läfst. Josua

Digitized by Google

Trimmer gab ein sehr zufriedenstellendes wissenschaftliches Gutachten über diese Gebirgsart ab. Nach diesem gehört sie zur Gruppe der Glimmer- und Chlorit-Schiefer. Sie besteht aus Quarz und beigemengtem Chlorit und Glimmer, geht aber stellenweise in Thonschiefer, so wie auch andrerseits in reinen Quarz über. Der letztere bildet darin vielfach Gänge von geringer Mächtigkeit.

Um die Frage in Betreff der vermeintlichen Zerklüftung mit Sicherheit beantworten zu können, liefs die vom Parlament niedergesetzte Commission versuchsweise mehrere Sprengungen theils mit Pulver und theils mit Schiefsbaumwolle anstellen. Es wurden dabei sogleich Blöcke gelöst, die 20 bis 30 Cubikfufs hielten. Bei einer einzelnen Sprengung mit 20 Unzen Schiefsbaumwolle lösten sich im Ganzen 800 Cubikfufs Steine, darunter war ein Block von 315 Cubikfufs Inhalt, und eine grofse Menge von 6 bis 25 Fufs. Es blieb sonach kein Zweifel, dafs man in dem von Rendel bezeichneten Bruch, der etwa eine Viertelmeile von Soldiers-Point entfernt ist, brauchbare Steine gewinnen kann. Es ist schon erwähnt, dafs 13 Englische Cubikfufs dieses Steins in voller Masse 1 Ton wiegen. Es wurde angenommen, dafs dieselben bei der gewöhnlichen Art der Verstürzung einen Raum von 18 bis 19, wenn sie aber verschiedene Gröfse haben und dem Wellenschlage ausgesetzt gewesen sind, noch nicht 17 Cubikfufs einnehmen.

Rendel bezeichnete die Kosten für die beiden Umschliessungs-Dämme, und zwar sowohl für die Schüttung, als die Mauern auf denselben, auf 630 000 Pfund Sterling, oder etwas über 12 Millionen Mark.

Dieses Project, wonach ein Sicherheits-Hafen von 267 Acres oder 423 Morgen Grundfläche von hinreichender Tiefe dargestellt werden sollte, erfuhr vielfachen Widerspruch. Schiffsrheder, Agenten von Versicherungs-Gesellschaften, Lootsen, Schiffsführer sowohl von der Handels- als der Kriegs-Marine und selbst namhafte Ingenieure tadelten es in jeder Beziehung, und stellten es zum Theil sogar als ganz verfehlt dar, während bald dieses und bald jenes der andern Projecte empfohlen wurde. Die Admiralität sah sich daher veranlafst, unter dem 6. April 1847 noch das Gutachten einer besondern Commission einzuholen, die aus drei Offizieren der Kriegsmarine bestand. Es sollte dieses Project,

Digitized by Google

wie die dagegen erhobenen Einwendungen sorgältig geprüft, auch von den andern vorgelegten Projecten Kenntnifs genommen, und wenn es für nöthig erachtet würde, eine Local-Untersuchung angestellt werden.

Die Commission vernahm zunächst den Ingenieur Rendel, und liefs ihn sein Project erklären und begründen. Sodann vernahm sie alle Personen, von denen es bekannt geworden, dafs sie sich dagegen ausgesprochen hatten. Dieses geschah vom 15. bis 29. April desselben Jahrs, und alle Fragen und Antworten, stenographisch niedergeschrieben und demnächst gedruckt, wurden dem Parlament vorgelegt.

Nachdem diese Vernehmungen in London abgehalten waren, reiste die Commission nach Holyhead, um sich über einige zweifelhafte Punkte selbst ein Urtheil zu bilden. Die Untersuchungen und Versuche, die sie hier anstellte und veranlafste, sind wieder ausführlich beschrieben, und später bekannt gemacht. Das Resultat der Schlufsberathung war aber, dafs die Commission in ihrem Berichte vom 22. Mai 1847 sich unbedingt für das von Rendel aufgestellte Project aussprach. Sie erhob dagegen nur das eine Bedenken, dafs die Kosten sich um 50 000 Pfund, also um 8 Procent höher stellen möchten. Hiermit erklärte sich die Admiralität einverstanden, und das Parlament bewilligte 700 000 Pfund oder 13 560 000 Mark.

Die Einwendungen, welche gegen das Project erhoben wurden, waren sehr verschiedenartig, und zum Theil widersprachen sie sich sogar. Einige Schiffs-Rheder machten nämlich Rendel den Vorwurf, er habe nur das Interesse der Eisenbahn-Gesellschaft berücksichtigt, und das Bedürfnifs des allgemeinen Verkehrs nicht beachtet, indem dem letztern nur die eine Seite des mittlern Piers zugewiesen sei, und noch dazu die westliche, wo also bei stärkerem Winde kein Schiff werde liegen können. Die Vertreter der Eisenbahn-Gesellschaft beschwerten sich dagegen, dafs sie diese Seite des Piers an das Publicum abtreten sollten und ihnen sogar zugemuthet werde, Anlegeplätze für andre Schiffe zu erbauen.

Wichtiger sind die Einwendungen, die in das Gebiet der Technik fallen. Die Erörterung derselben wird zur Erklärung

Digitized by Google

und zur richtigen Beurtheilung des ganzen Projects wesentlich beitragen, und sonach ihre Mittheilung sich rechtfertigen.

Vielfach und namentlich von Ingenieuren wurde die Behauptung aufgestellt, dafs die Kosten zu niedrig angegeben seien und sich wenigstens auf das Doppelte belaufen würden. Dieses hat sich allerdings nicht nur bestätigt, sondern die Ueberschreitung ist sogar noch gröfser ausgefallen. Nichts desto weniger konnte die Commission ein solches Bedenken nicht für begründet halten, insofern es nur durch die Vergleichung mit andern Hafendämmen oder Wellenbrechern motivirt wurde, die in ganz andrer Weise ausgeführt waren. Der Wellenbrecher bei Plymouth (Fig. 170) enthält, wie der Anblick der zusammengestellten Profile ergiebt, einen gröfseren Querschnitt, als für den Hafendamm von Holyhead ursprünglich beabsichtigt war. Bei der Ausführung ist man freilich nach spätern Mittheilungen hierüber weit hinaus gegangen, wie die in demselben Maafsstabe gezeichnete Fig. 146 *C* auf Taf. XXXI zeigt. Rendel machte aber auf den wesentlichen Unterschied der Kosten der Steinschüttung in beiden Fällen aufmerksam. Während dort die Steine an das Ufer beigefahren, auf Schiffe verladen und einzeln versenkt wurden, sollten sie hier schon im Bruch auf Eisenbahnwagen gebracht, und aus diesen unmittelbar verstürzt werden. Er erwähnte, dafs bei den grofsen Fortschritten der Technik die frühern Erfahrungen nicht mehr maafsgebend sein könnten, dafs aber für die zum Damm bei Plymouth angelieferten Steine schon unter den damaligen Verhältnissen zu hohe Preise gezahlt seien, weil die Unternehmer reiche Leute geworden wären.

Die senkrechte Mauer erregte gleichfalls viele Bedenken, doch ist dieser Gegenstand schon früher genugsam erörtert, so dafs derselbe hier nicht weiter berührt werden darf. Sowohl an der See- als an der Hafenseite sollte die Mauer mit Quadern des festen Kalksteins von Beaumarais auf der Insel Anglesea verkleidet, in ihrem Kern oder in der Hintermaurung aber aus dem Thonschiefer, der bei Holyhead bricht, oder aus weichem Sandstein aus der Umgebung von Liverpool aufgeführt werden. Zu den untern Schichten sollten so hohe Werkstücke verwendet werden, dafs sie selbst bei gewöhnlichen Ebben noch ohne Taucherglocke versetzt werden könnten. Dagegen war die Anwendung

Digitized by Google

der Taucherglocke sowohl bei den sämmtlichen Köpfen der Hafendämme, wie an der innern Seite des östlichen, und an beiden Seiten des mittlern Piers nicht zu umgehn, da hier die Mauern bis auf 30 Fufs unter das niedrigste Wasser herabreichen sollten.

Ein fernerer Einwand gegen das vorgelegte Project bezog sich darauf, dafs der Boden im Sicherheitshafen aus gewachsenem Felsen besteht, worauf die Anker eben so wenig, wie in der Mündung des alten Hafens eingreifen könnten. Die ganze Anlage würde sonach ihren Zweck verfehlen. Die felsigen Ufer, die sich in einzelnen Riffen und Klippen in das Meer fortsetzen, und noch mehr die grofse Klarheit des Wassers sowohl bei der Fluth, als bei der Ebbe, schienen allerdings diese Besorgnifs zu rechtfertigen, und da an dieser ganz ungeschützten Stelle bisher noch nie ein Schiff in starkem Seegange geankert hatte, so fehlte es an directen Erfahrungen in dieser Beziehung. Rendel hatte diese wichtige Frage keineswegs unbeachtet gelassen, die Entscheidung darüber jedoch in einer Weise herbeigeführt, die zwar am schnellsten die Verhältnisse ungefähr erkennen liefs, aber nicht für hinreichend sicher erachtet wurde. Der General Paisley hatte ihm nämlich einen Taucher empfohlen, der nicht nur in seiner Kunst sehr erfahren, sondern auch mit dem Seewesen bekannt war. Derselbe hatte im August und September 1846 wiederholentlich den Hafen in seiner ganzen Ausdehnung durchwandert, und den Grund mit dem Sondir-Eisen geprüft. Ueber jede Stelle, die er untersuchte, legte sich das Boot, das die Luftpumpe trug, vor Anker, und dieselbe wurde vom Ufer aus trigonometrisch bestimmt. Seine Mittheilungen ergaben, dafs der gewachsene Boden nur an wenigen Stellen frei vortritt, grofsentheils aber mit einer starken Lage festen Thons überdeckt ist. Stellenweise fand er über dem Thon dicht schliefsend eine Lage kleinerer Geschiebe, welche die Gröfse eines Hutes hatten. Um einige derselben schlang der Taucher eine Kette, und an dieser wurden sie heraufgezogen und Rendel vorgelegt. Letzterer meinte, dafs auch zwischen solchen der Anker leicht eingreifen und haften werde, sollte es aber nöthig seiu, so könne man dieselben ohne Schwierigkeit beseitigen.

Die von andern Sachverständigen mit dem Loth angestellten

Digitized by Google

Untersuchungen ergaben dagegen, dafs der Grund vielfach aus einer festen Masse bestand, die an dem eingestrichenen Talg nicht haftete. Dabei blieb es unentschieden, ob das Loth auf zusammenhängenden Felsboden, oder nur auf einzelne Geschiebe herabgesunken war. Man setzte das Erste voraus, und tadelte Rendel, dafs er die Untersuchung eines so wichtigen Gegenstandes einem Taucher überlassen habe, dessen Aussagen gar nicht zu controliren wären. Zum Beweise, wie wenig Glauben die Angaben der Taucher verdienen, wurde die Thatsache angeführt, ein solcher habe ein in der Mersey versunkenes Schiff untersucht und berichtet, dasselbe sei bis zur Sohle des Stroms bereits abgebrochen, während sich nachher ergab, dafs einzelne Hölzer noch drei Fufs darüber vorragten. Man machte bei dieser Gelegenheit aber noch besonders darauf aufmerksam, wie sehr gerade in diesem Hafen ein guter Ankergrund dringendes Bedürfnifs sei, weil theils bei der ganz ungeschützten Lage desselben die darin liegenden Schiffe bei Nordwest-Stürmen einem sehr starken Druck ausgesetzt sein würden, theils aber bei der grofsen Ausdehnung des Bassins schon in demselben ein so starker Wellenschlag sich bilden werde, dafs die Schiffe alsdann an den Kais und Piers nicht liegen könnten. Man fügte hinzu, dafs sich freilich auch auf schlechtem Grunde die Anker halten lassen, wenn man, wie in der Mündung des alten Hafens, schwere Ketten hindurchzieht, dafs dieses Mittel jedoch nur eine sehr nothdürftige Hülfe verspricht, indem man hierdurch nur einige wenige Linien darstellen kann, in welchen die Anker haften. Dazu käme aber noch, dafs wenn ein zweites Schiff vor derselben Kette den Anker fallen läfst, beide Anker die Kette nach derselben Seite ziehn, und durch die wiederholten Stöfse der Wellen die Anker nach und nach sich einander nähern, bis sie endlich an derselben Stelle die Kette fassen, wodurch auch die Schiffe zusammengetrieben werden und sich gegenseitig zerschlagen müfsten.

Die Commission veranlafste eine nähere Untersuchung des Bodens, und zwar mit einem Sondireisen, das in seinem untern Theil mit breiten Widerhaken versehn war. In letztern haftete der Boden, so dafs man die Beschaffenheit desselben deutlich erkennen konnte. Eine birnförmige Bleimasse befand sich über diesen Widerhaken, um das Eisen beim freien Herabfallen kräftig

Digitized by Google

in den Boden zu stofsen, damit es aber zugleich seine lothrechte Stellung behielt, wurde es am obern Ende mit kreuzförmig gestellten Blechen versehn, deren Durchschnittslinie in der Achse der Stange lag. Das Gewichts dieses Apparats war 74 Pfund. Die Messung mit demselben wurde an 369 Stellen in der ganzen Ausdehnung des Hafens wiederholt, und nur etwa 50mal drang das Eisen gar nicht in den Grund ein. Diese letzten Stellen waren nicht im Zusammenhange, zeigten sich aber vorzugsweise in der Nähe des Ufers. Ohne Zweifel befanden sich unter diesen Stellen auch solche, wo das Eisen nur einen mäfsig grofsen losen Stein getroffen hatte, der das Eindringen des Ankers nicht verhindert haben würde. Sollte aber auch der gewachsene und zusammenhängende Felsboden stellenweise in einiger Ausdehnung vorkommen, so würde der Anker in denselben freilich nicht eingreifen, sondern darüber fortgezogen werden, er würde aber sogleich fassen, sobald der Fels mit Erde oder losen Steinen bedeckt ist.

Die Commission erachtete indessen diese Untersuchung noch nicht für genügend, um die überaus wichtige Frage endgültig zu beantworten, sie veranlafste vielmehr noch directe Versuche. Das Packetboot Otter von 237 Tons Ladungsfähigkeit, das mit einer Maschine von 120 Pferdekräften versehn war, legte sich an 62 verschiedenen Stellen in der ganzen Ausdehnung des beabsichtigten Sicherheits-Hafens vor Anker, und indem die Ruderräder rückwärts in Bewegung gesetzt wurden, und zwar mit zunehmender Geschwindigkeit, so ergab sich hieraus, bei welcher Kraftentwicklung der Maschine der Anker fortgezogen wurde. Das Resultat war, dafs bei weniger als 8 Umdrehungen in der Minute der Anker nirgend nachgab,

3mal wurde er bei 8 Umdrehungen fortgezogen,
4mal zwischen 8 und 10 Umdrehungen,
17mal zwischen 10 und 12 Umdrehungen,
17mal zwischen 12 und 14 Umdrehungen,
21mal hielt er, wenn die Maschine ihre volle Kraft entwickelte.

Um die Bedeutung dieser Versuche festzustellen, wurde dasselbe Boot in gleicher Weise im Flusse Dee verschiedentlich an solchen Stellen vor Anker gelegt, wo die Schiffer den Anker-

Digitized by Google

grund als gut bezeichneten. Die Resultate waren ungefähr dieselben wie hier. Die Commission äufserte sich demnach dahin, sie sei der Ansicht, dafs im Schutz des vorgeschlagenen Hafendamms, und zwar zur Zeit eines heftigen Sturms, unter neun Schiffen immer acht vor halbem Kabel sicher liegen, eins aber anfangen werde zu treiben, und alsdann entweder mehr Tau gegeben oder ein zweiter Anker zu Hülfe genommen werden müsse.

Das Bedenken, dafs im Sicherheits-Hafen keine Moderbank vorhanden sei, auf welche die Schiffe, die etwa die Anker verloren haben, aufsetzen können, erledigte sich leicht dadurch, dafs beim Abraum der Steinbrüche hinreichende Quantitäten von feinem Material gewonnen werden, um solche an passender Stelle anschütten zu können. Eben so wurde auch ein andrer Einwand nicht für erheblich erachtet. Man hatte nämlich das Bedenken aufgestellt, dafs die Schiffe, welche bei Stürmen hier Schutz suchen, oft lange zurückgehalten werden möchten, bevor ein solcher Wind eintritt, bei dem sie aus dem Hafen aussegeln und wieder das offene Meer gewinnen können. Diese Schwierigkeit tritt in allen Häfen in gewissem Grade ein. Sie ist aber in neuerer Zeit von untergeordneter Bedeutung, da bei frequenter Schiffahrt Schlepp-Dampfböte gehalten werden, die für mäfsigen Lohn bei ungünstigem Wind, oder wenn der Wind ganz nachläfst, die Segelschiffe aus dem Hafen, oder in denselben hinein bugsiren.

Wichtiger war ein andres Bedenken, das obwohl mehrfach angeregt, durch alle Vernehmungen und Untersuchungen sich dennoch nicht erledigte, und das allerdings in gewissen ungünstigen Fällen von grofser Bedeutung werden konnte. Man mufs der Commission darin beistimmen, dafs es bei solcher Anlage unmöglich ist, allen Anforderungen zu genügen, und dafs, wie man die Anordnungen auch treffen mag, dabei jedesmal gewisse Uebelstände sich zeigen. Nichts desto weniger hat gerade dieser Punkt die später eingetretene Veränderung und Erweiterung des Projects veranlafst. Derselbe bezieht sich auf das Einsegeln der Schiffe, und die Schwierigkeit besteht in folgenden Umständen.

Die westlichen Stürme sind in ganz Europa die heftigsten. Um vor diesen Schutz zu suchen, werden die Schiffe vorzugs-

Digitized by Google

weise den neuen Hafen Holyhead anlaufen. Die Bai, an welcher derselbe liegt, ist nur gegen Süden oder Osten gedeckt, gegen Westen und Norden dagegen offen. Um die Wellen nicht frei in den Hafen eintreten zu lassen, mufste die Mündung desselben an die östliche Seite verlegt werden. Wenn nun ein Schiff bei heftigem westlichen Wind in den Hafen einsegelt, so mufs es an dem Kopf des nördlichen Hafendamms vorbeifahren, und um in die Mündung zu gelangen, kann es hier keine scharfe Wendung machen, es mufs vielmehr in weitem Bogen in die entgegengesetzte Richtung übergehn. Ehe es die Mündung erreicht, läuft es also schon gegen den Wind, und wenn derselbe sehr stark ist, so bringt er das Schiff schnell zum Stillstand. Die Schwierigkeit wird sogar noch dadurch vergröfsert, dafs während der Ebbe das Wasser aus dem Hafen ausströmt. Es kann alsdann leicht geschehn, dafs das Schiff nicht bis in den Hafen gelangt, sondern schon in der Mündung vor Anker gehn mufs, um nicht zurückzutreiben. Das Ausbringen von Warp-Ankern, um das Schiff vollends hinein zu bringen, ist bei heftigem Wellenschlag nicht leicht, und wenigstens sehr zeitraubend, besonders wenn das Schiff nur schwach bemannt ist. Dieser Uebelstand, obwohl für das einzelne Schiff nur wenig gefährlich, mufs Bedenken erregen, wenn ein zweites und ein drittes einläuft, und auch diese nicht weiter, als bis in die Mündung gelangen, und daselbst gleichfalls vor Anker gehn. Es kann sogar geschehn, dafs der eigentliche Hafen, obwohl keine Schiffe darin liegen, doch hierdurch gesperrt wird. Das Mittel, welches die Commission vorschlug, um diesem Uebelstande zu begegnen, bezog sich allein darauf, dafs man Buoyen in den Hafen legen solle, gegen welche die Schiffe eingeholt werden könnten. Dadurch wird das Manöver allerdings etwas leichter, als bei Benutzung der Warp-Anker, aber nichts desto weniger bleibt dasselbe im Sturm doch immer sehr mühsam und zeitraubend, und bei gleichzeitiger Ankunft mehrerer Schiffe kann jene Sperrung dabei nicht verhindert werden.

Endlich wurden auch in Betreff der zu erwartenden Versandungen und sonstigen Verflachungen Bedenken erhoben. Da thonige Ablagerungen im alten Hafen vorkommen, so glaubte man, solche auch hier besorgen zu müssen. Jedenfalls ist das

Digitized by Google

Seewasser vor Holyhead sowohl bei der Fluth, wie bei der Ebbe von einer seltenen Reinheit, daher durfte man wohl annehmen, dafs in dieser Beziehung die Wahl der Hafenstelle sich vollständig rechtfertigte.

Nach diesen Untersuchungen sprach sich die Commission unbedingt für das von Rendel aufgestellte Project aus, und noch im Jahre 1847 wurde der Bau begonnen.

Als ich 1852 in Holyhead war, sah ich die Schüttung der beiden äufsern Dämme in kräftigem Betriebe, in dem westlichen oder nördlichen erstreckten sich die Rüstungen schon über 300 Ruthen weit in die See. Mit dem östlichen hatte man auch den Anfang gemacht, wogegen der mittlere noch ganz fehlte. Es ist indessen ungewifs, ob das erste, vorstehend bezeichnete Project ganz der Idee von Rendel entsprach, oder ob dasselbe vielleicht schon nach den Ansichten Anderer geändert war. In den Vernehmungen über die zweckmäfsigste Anordnung und Construction der Hafendämme im Jahr 1860 sagte nämlich der Capitän E. Belcher, er habe gemeinschaftlich mit Rendel den ersten Entwurf aufgestellt, der nicht zur Ausführung gekommen sei. Wenn dieses geschehn wäre, so würde statt der drei Hafendämme nur ein einziger erbaut sein, und er hoffe, man werde schliefslich hierauf wieder zurückkommen.

Schon 1852 liefen zuweilen bis hundert Schiffe in den Hafen ein und fanden darin hinreichenden Schutz, indem aber die Steinschüttung für den nördlichen Damm weiter geführt wurde, so stellte sich auch eine vollständigere Abstillung der dahinter belegenen Wasserfläche ein, und um so mehr wurde dieselbe als Sicherheitshafen benutzt. Wiederholentlich geschah dieses in solchem Maafse, dafs der Raum nicht genügte, um alle Schiffe aufzunehmen, welche bei stark bewegter See hier Schutz suchten. Auch für den Handel von Liverpool gewann der neue Hafen die höchste Bedeutung. Die Bucht des Mersey ist für grofse Schiffe nur zur Zeit der höhern Wasserstände zugänglich, wenn also Fahrzeuge vor dem Eintritt der letztern ankommen, so müssen sie diese auf der ungeschützten Rhede abwarten, und sind bei westlichen Stürmen grofser Gefahr ausgesetzt. Noch häufiger soll es sich ereignen, dafs Schiffe, sobald sie die Bänke vor dem Mersey passirt haben, durch starke westliche Winde an der Fort-

Digitized by Google

setzung der Fahrt verhindert werden, und zugleich wegen der inzwischen eingetretenen Ebbe nicht mehr zurückgehn können. In diesen Fällen bietet der Hafen von Holyhead ihnen einen sichern Zufluchtsort, und seitdem derselbe eingerichtet, haben die Strandungen vor dem Mersey sich wesentlich vermindert.

Unter diesen Umständen war die Vergrößerung des Sicherheitshafens dringend geboten, und im Jahr 1854 genehmigte die Admiralität die Verlängerung des nördlichen Damms zunächst um 164 und später noch um 40 Ruthen. Da es jedoch nicht auf die Darstellung eines geschlofsnen Hafens, sondern nur auf Sicherung der Rhede gegen Nordwest-Stürme ankam, so wurde die Richtung des Damms, wie die Zeichnung angiebt, nunmehr wesentlich geändert und in die Linie *BA* verlegt. Der Damm ist dieser Bestimmung gemäfs ausgeführt und seine ganze Länge mifst 636 Ruthen oder nahe ein Drittel Deutsche Meile. Die Ausdehnung der geschützten Rhede wurde hierdurch aber weit mehr als verdoppelt, denn zu jenen 423 Morgen kamen nunmehr noch 734 hinzu.

Es hatten sich indessen die Ansichten über den Zweck des Hafens wieder wesentlich geändert. Von der Einrichtung einer Station für die Kriegsmarine wurde ganz abgesehn. Der auf der Ostseite des Hafens von Salt-Island ausgehende Damm bis *D* mit seinen Flügeln verlor sonach vollständig die Bedeutung, und nach dem kleinen Anfange der Schüttung ist er nicht weiter fortgesetzt. Er sollte freilich auch zur Ueberdeckung der in seiner Richtung liegenden Klippen dienen, die insofern gefährlich waren, als sie gerade die Einfahrt in den projectirten Hafen begrenzten, nach dem nunmehr angenommenen Project lagen sie aber im innern Hafen, also in schlichtem Wasser und konnten daher sicher bezeichnet und vermieden werden. Endlich befand sich nunmehr der alte Hafen auch so sehr im Schutz gegen starken Wellenschlag, dafs namentlich nach der Verlängerung des Anlegedamms auf seiner nördlichen Seite die Packetböte stets hier einlaufen und mit den Eisenbahnzügen bequem in Verbindung gesetzt werden konnten.

Wenn nun auch allgemein anerkannt wurde, dafs durch die Verlängerung des Damms der Sicherheitshafen wesentlich gewonnen habe, so wurde gewifs mit Recht die einspringende Ecke

Digitized by Google

des Damms hart getadelt. Mit geringeren Kosten würde man bei andrer Wahl der Linie eine gröfsere Wasserfläche sicher gestellt haben. Aufserdem aber wurde noch das Bedenken angeregt, dafs der neue Hafen mit der Zeit sich verflachen werde, wie dieses am alten Hafen der Fall zu sein schien. Namentlich war diese Besorgnifs von Calver ausgesprochen, der für die Admiralität die Aufnahme der Fahrwasser besorgte. Derselbe sagte aus, er habe gefunden, dafs seit der Erbauung des Hafens die Tiefe in demselben sich um 5, um 15 und sogar um 18 Zoll vermindert habe, und zwar seien diese Verflachungen um so gröfser, je höher der Wasserstand darüber wäre. Bei dem klaren Wasser, welches er sonst hier gefunden, sei diese Verminderung der Tiefe ihm unerklärlich gewesen, bis er einst bei einem starken Nordwest-Sturm sah, dafs die ganze Bucht sich mit trübem Wasser anfüllte.

Diese Mittheilung war in sofern etwas zweifelhaft, als Calver die Durchströmung eines Hafens zur Erhaltung der Tiefe für nothwendig hielt, und in diesem Sinn auch durchbrochene Hafendämme erfunden und empfohlen hatte. Der Capitän Washington, der gleichfalls über die Verflachungen befragt wurde, meinte, Calver sei ein so sorgfältiger Beobachter, dafs er in die Tiefenmessungen, die derselbe vor einiger Zeit ausgeführt habe, keinen Zweifel setze, dafs aber eine eben so genaue Aufnahme vor oder bei der Erbauung des Hafens nicht ausgeführt sei, die gefundenen geringen Differenzen also von den Fehlern der ersten Messung herrühren könnten. Wenn indessen das Resultat auch richtig wäre, und der Hafen in dieser Zeit um einige Zolle sich verflacht habe, so dürfe man keineswegs daraus schliefsen, dafs die Verflachung in gleicher Weise fortschreiten werde. Es seien nämlich 10 Millionen Tons Steine verstürzt worden, und indem diese auf den thonigen Boden herabfielen, mufsten sie grofse Quantitäten desselben in Bewegung setzen, so wie auch die Wellen bei der Einwirkung auf die Steine die Kanten derselben abgebrochen und dadurch gleichfalls dem Hafen feines Material zugeführt haben. Beides geschehe gegenwärtig nicht mehr, und sonach rechtfertige sich in dieser Beziehung für die Zukunft keine Besorgnifs.

Wenn gleich nach manchen Mittheilungen in technischen

Digitized by Google

Zeitschriften auch der Bau des mittlern Piers begonnen und der des östlichen Damms soweit geführt sein sollte, dafs selbst die schwimmende Landebrücke zur Ausführung gelangte, so ergiebt sich doch aus einer spätern, anscheinend zuverlässigen Nachricht, dafs die Arbeiten zur Darstellung des neuen Hafens sich allein auf den Abschlufsdamm an der Nordseite beschränkt haben*). Die riesigen Dimensionen desselben nahmen indessen eine lange Bauzeit in Anspruch, und erst im Sommer 1873 wurde im Beisein des Prinz-Gemahls der Königin die Vollendung des Werks gefeiert.

Der ganze Damm war durchschnittlich auf 40 Fufs, stellenweise aber sogar auf 55 Fufs Tiefe unter Niedrigwasser bei Springfluthen, ausgeführt. Wenn er anfangs auch nur die mäfsigen in Fig. 163 angegebenen Dimensionen hatte, so war man später zu viel gröfsern übergegangen, wie Fig. 146 *C* auf Taf. XXXI zeigt. In Niveau des Niedrigwassers ist der Damm 250 Fufs, und 50 Fufs tiefer 400 Fufs breit. Auf der Seeseite steigt die Böschung mit der Neigung von 1 : 1 vom Meeresgrund bis 25 Fufs unter Niedrigwasser an. Da von hier ab die Wellen schon die Steine in Bewegung setzen, beginnt die flachere Böschung von 1 : 2, die sich auf 15 Fufs Höhe fortsetzt, und alsdann, also 10 Fufs unter Niedrigwasser, in die sehr sanfte Neigung von 1 : 7 übergeht. Letztere erstreckt sich bis zur mittlern Mauer. Diese steht im Niveau des Niedrigwassers auf der Steinschüttung, die bereits lange Zeit hindurch von den Wellen getroffen war. Ihre ganze Höhe mifst 38 Fufs 9 Zoll, und darauf ist seeseitig noch eine massive Brustmauer gestellt. Ein 40 Fufs breiter Weg, 27 Fufs über Niedrigwasser, begrenzt auf der Binnenseite die Mittelmauer und lehnt sich an eine Schälungsmauer, die nahe am Rande der Schüttung steht. Letztere fällt hafenseitig mit der sehr steilen Böschung von nahe 1 : 1 bis zum Meeresgrunde ab.

Der Kopf des Damms, auf welchem ein Leuchtthurm erbaut ist, hat in der Krone die Breite von 150 Fufs und ist mit nahe senkrechten Mauern in der Höhe der Mittelmauer umgeben. Diese

*) Engineering 1873. II, pag. 253. Hieraus sind auch die folgenden Mittheilungen entnommen.

Digitized by Google

Mauern sind aber bis 25 Fufs unter Niedrigwasser durch Taucher aus den festen Kalkquadern von Anglesey in gut bindendem hydraulischem Mörtel ausgeführt. Sie stehen gleichfalls auf der Steinschüttung und sind mit Ausschlufs der Hafenseite von einer Brustmauer umgeben.

Zur Schüttung wurden ungefähr 7 Millionen Tons oder etwa 700 000 Schachtruthen Steine verwendet. Man gewann dieselben in den nahe belegenen Brüchen und ohne Umladung wurden sie mittelst 250 Eisenbahn-Wagen von den breiten Rüstungen aus verstürzt.

Der ganze Damm mit Einschlufs der Gewinnung und Anfuhr der Steine hat 1 285 000 Pfund Sterling gekostet, also der laufende Fufs im Rheinländischen Maafs nahe 1123 Thaler. Der Bau wurde, wie bereits erwähnt, von James Meadows Rendel entworfen und bis zu dessen Tode von demselben geleitet, später trat John Hawkshaw an seine Stelle.

Ende des dritten Bandes.

Druck von Oskar Bonde in Altenburg.

Digitized by Google

Digitized by Google

Handbuch

der

Wasserbaukunst

von

G. Hagen.

Dritter Theil:

Das Meer.

Zweite, neu bearbeitete Auflage.

Vierter Band mit 11 Kupfertafeln.

Berlin 1881.

Verlag von Ernst & Korn.

(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Digitized by Google

Seeufer-

und

Hafen-Bau.

Von

G. Hagen.

Vierter Band.

Zweite, neu bearbeitete Auflage.

Mit einem Atlas von 11 Kupfertafeln in Folio und einer Inhalts-Nachweisung der vier Bände.

Berlin 1881.

Verlag von Ernst & Korn.

(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Digitized by Google

Die Herausgabe von Uebertragungen in fremde Sprachen behält sich die Verlagsbuchhandlung vor.

Digitized by Google

Vorwort.

Kurze Zeit vor meinem Austritt aus dem Staatsdienst, am Schluss des Jahrs 1875, machte die Verlagshandlung Ernst & Korn mich darauf aufmerksam, dafs die ersten Bände des dritten Theils des Handbuchs der Wasserbaukunst nahe vergriffen seien. Ich unterzog mich sogleich der Umarbeitung und Vervollständigung des ganzen Werks über Seeufer- und Hafenbau, wozu bereits früher vielfache Notizen gesammelt waren. Indem ich aber nunmehr volle Mufse hatte, konnte ich nach der Herausgabe des ersten Bandes bereits im Sommer 1879 den Herrn Verlegern mittheilen, dafs, abgesehn von etwa nöthigen spätern Zusätzen, die folgenden Bände zum Druck bereit seien. Hierdurch erklärt es sich, dafs 1880 der zweite und dritte Band, und im Anfange dieses Jahrs auch der vierte in der neuen Ausgabe erschienen ist.

Berlin, im März 1881.

G. Hagen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichnifs

des vierten Bandes.

Abschnitt VIII. Fortsetzung.

Ausführung der Hafendämme.

		Seite
§ 67.	Senkstücke	3
§ 68.	Bétonblöcke	39
§ 69.	Der Hafen von Marseille	72
§ 70.	Schwimmende Wellenbrecher	80

Abschnitt IX.

Schiffahrts-Canäle zwischen zwei Meeren.

§ 71.	Aeltere Canäle	99
§ 72.	Der Suez-Canal	106
§ 73.	Der Panama-Canal	115

Abschnitt X.

Bagger.

§ 74.	Allgemeine Bemerkungen	137
§ 75.	Löffel-Bagger	148
§ 76.	Rad-Bagger	169
§ 77.	Bagger mit senkrechter Eimerkette	175
§ 78.	Die geneigte Eimerkette	180
§ 79.	Aeltere Bagger mit geneigter Eimerkette	206
§ 80.	Dampfbetrieb bei geneigter Eimerkette	225
§ 81.	Pumpen-Bagger	244
§ 82.	Bagger-Prahme	260
§ 83.	Felsensprengungen	280

Digitized by Google

Abschnitt XI.

Der innere Hafen.

Seite

§ 84. Flotthäfen 295
§ 85. Hafenwände 310
§ 86. Befestigung der Schiffe 331
§ 87. Hafen-Anstalten 343
§ 88. Bauliche Anlagen zur Sicherung des Verkehrs 358
§ 89. Schiffsbau-Anstalten 377

Abschnitt XII.

Landmarken.

§ 90. Baaken und Buoyen 417
§ 91. Leuchtthürme 430
§ 92. Leuchtfeuer 458
§ 93. Katoptrische Apparate 477
§ 94. Dioptrische Apparate 485
§ 95. Nebel-Signale 501

Digitized by Google

Achter Abschnitt.

Fortsetzung.

Ausführung der Hafendämme.

Digitized by Google

Digitized by Google

§ 67.

Senkstücke.

Das gewöhnliche Packwerk, wie solches in den oberländischen Strömen üblich und im zweiten Theil dieses Handbuchs § 36 beschrieben ist, findet ebensowenig bei Hafendämmen Anwendung, wie auch bei Einbauen, die zum Schutz der Ufer in die See treten. Das Packwerk besteht nämlich aus einzelnen Faschinen-Lagen, die auf dem Wasser schwimmend verbunden, leicht beschwert und nach und nach durch andre überdeckt werden, bis sie endlich unter dem Gewicht der obern Lagen soweit herabsinken, dafs sie den Grund erreichen. Nachdem dieses geschehn, werden sie erst vollständig mit Senkmaterial überschüttet und erhalten dadurch die nöthige Festigkeit, um der starken Strömung und dem Andrange des Eises widerstehn zu können. Diese sehr bequeme Art der Ausführung verbietet sich in der See, weil die einzelnen Faschinen, oder auch die ganzen Lagen, selbst wenn sie durch Würste verbunden und mit Pfählen benagelt sind, von den Wellen verschoben und zerrissen werden. Man darf demnach in der See von dem gewöhnlichen Packwerksbau nur Gebrauch machen, wenn die Tiefe sich auf wenige Fufse beschränkt und sonach die erforderliche Strauchmasse vor dem Eintritt eines stärkeren Wellenschlags ausgeworfen, verbunden und mit Steinen beschwert werden kann.

Von einer andern Art der Verwendung der Faschinen bei Hafenbauten ist bereits §§ 56 und 57 bei Gelegenheit der Steinkisten und der mit Pfahlreihen umgebenen Dämme die Rede gewesen. In den abgeschlofsnen Räumen, die sich dabei bilden, ist das Einbringen der Faschinen leicht und sicher, da sie bei mäfsigem Wellenschlage nicht fortgetrieben werden.

Digitized by Google

Es giebt noch eine andre Constructions-Art, wobei gleichfalls Faschinen benutzt werden, die man aber zu grofsen Prismen fest verbindet, bevor sie auf die Stelle kommen, wo sie versenkt werden sollen. Die Verbindung erfolgt auf besondern Rüstungen, oder auch wohl auf dem Wasser, aber alsdann in geschützten Buchten, die einem starken Wellenschlag nicht ausgesetzt sind. Diese Prismen, welche man Senkstücke nennt, flöfst man an die Stellen, wo sie versenkt werden sollen, um den beabsichtigten Hafendamm oder Einbau zu bilden, und man versenkt sie nicht etwa schräge, wie die Lagen im Packwerk, sondern horizontal. Bei gröfserer Tiefe liegen mehrere Lagen Senkstücke über einander, die sich in den Fugen überdecken und die wie Mauersteine unter sich in Verband gebracht sind. Diese Prismen haben oft eine Basis von 20 bis 30 Quadrat-Ruthen, während ihre Höhe meist 3 bis 6 Fufs mifst. Die Senkstücke, die vom Ingenieur Strotman zum Uferschutz der Insel Zeeland erbaut wurden, waren 64 Fufs breit und sogar bis 560 Fufs lang, ihre Oberfläche hielt also nahe 250 Quadrat-Ruthen.

Der Senkstückbau ist in den Niederlanden schon lange im Gebrauch gewesen und zwar nicht nur bei Bauten an der See, sondern auch bei Deichen, wenn ein Bruch geschlossen werden sollte, durch den Fluth und Ebbe heftig ein- und ausströmten (§ 18). In Deutschland wurde diese Bauart zuerst durch Woltman bekannt*), der dieselbe auch mehrfach mit Erfolg versuchte. Wenige Jahre später veröffentlichte F. Schulz**) eine ausführliche Beschreibung nach den Wahrnehmungen, die er darüber in den Niederlanden gesammelt hatte. Derselbe rühmt gleichfalls diese Bauart wegen der Sicherheit der Ausführung und meint, dafs sie für Hafenbauten an der Ostsee sehr geeignet sei, doch spricht er die Besorgnifs aus, dafs die grofsen Kosten ihre Einführung verhindern dürften.

Beim Bau der Swinemünder Molen 1818 fanden die Senkstücke zum ersten mal in Preufsen Anwendung, seitdem sind sie in allen unsern Häfen, mit Ausnahme der städtischen Häfen in

*) Beiträge zur hydraulischen Architectur. IV. Band. Göttingen 1799. Seite 74.

**) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Königsberg 1808. Seite 197.

Digitized by Google

Vorpommern, üblich geworden. Sie bilden indessen bei uns nur den Kern des Hafendamms und werden sowohl in der Krone, wie auf den Dossirungen mit Steinschüttungen überdeckt. Welchen grofsen Zerstörungen die letztern ausgesetzt sind, ist bereits erwähnt. Nichts desto weniger gab es bis zur neusten Zeit noch viele und eifrige Vertheidiger dieser Bauart, und erst im Herbst 1864 gelang es mir, bei einer neuen und grofsartigen Hafen-Anlage einer solideren Construction Eingang zu verschaffen.*)

Der Senkstückbau ist insofern in der Ausführung sehr bequem, als man die kurzen Zwischenzeiten, wenn die See sich abstillt, oder auch die Fluth- und Ebbe-Strömung aufhört, benutzen kann, um die schon vorher verbundenen Stücke zu versenken. Während dieser Zeit darf freilich kein plötzlicher Sturm eintreten, noch auch eine heftige Strömung, gegen welche man die Senkstücke bei ihrer grofsen Ausdehnung nicht halten und noch weniger sie gegen dieselbe bewegen kann. Es gehört nicht zu den Seltenheiten, dafs unter solchen Umständen das Stück weder an die beabsichtigte Stelle gebracht, noch auch geborgen werden kann, und sonach nichts andres übrig bleibt, als es seinem Schicksal zu überlassen. Wenn es aber vor dem Versenken lange Zeit hindurch schwimmt und das Wasser die Zwischenräume zwischen den Reisern vollständig füllt, so sinkt es wohl von selbst herab, wie dieses beim Bau der Mole vor der Pregel-Mündung einst geschehn ist.

Es ergiebt sich aus Vorstehendem, dafs der Senkstückbbau, wenn man Constructionen in Faschinen wählt, für Ausführungen an der See sich noch am meisten eignet. Im Uebrigen hat diese Bauart vor den gewöhnlichen Packwerken keinen Vorzug, im Gegentheil stellt sie sich wegen der dabei nöthigen Rüstungen und sonstigen Erfordernissen theurer, und wenn dauernd starke Strömungen stattfinden, so wird das Flöfsen der Stücke auf die bestimmte Stelle und das scharfe Versenken derselben besonders schwierig und oft unmöglich. Dafs aus diesem Grunde der Versuch mifsglückte, den Senkstückbau am Rhein einzuführen, ist im II. Theil dieses Handbuchs § 37 bereits mitgetheilt.

*) Dieser Bau, nämlich ein Bassin-Hafen, der in die See vortritt, wurde bei Stolpmünde ausgeführt, und die dabei gewählte Constructions-Art ist § 58 beschrieben.

Digitized by Google

Obwohl die Senkstücke, nachdem sie einige Zeit im Wasser gelegen haben, specifisch schwerer werden und zuweilen sogar von selbst versinken, so können sie doch vom Wellenschlage leicht fortgetrieben und zerrissen werden, wenn man sie nicht jedesmal sehr stark und zwar durch solches Material beschwert, welches den Wellen hinreichend widersteht. Bei den Bauten an der See müssen hierzu, und namentlich für die obern Lagen, welche längere Zeit hindurch gesichert werden sollen, nur grofse Steine verwendet werden. Es ist aber auch nothwendig, dafs diese die stufenförmig vortretenden untern Lagen überdecken, wenn nicht der ganze Bau, wie in den Niederlanden geschieht, sich ohne Seitenböschung steil erhebt. Gewöhnlich bilden die Senkstücke nur den innern Kern des Damms. Derselbe ist alsdann rings von Steinschüttungen umgeben, und die Wellen wirken auf letztere in gleicher Weise, als wenn im Innern keine Faschinen verwendet wären. Sobald aber die Steine von der Dossirung oder der Krone fortgetrieben sind, so können die blofsgelegten Senkstücke einem starken Wellenschlag nicht lange widerstehn, sie werden bald zerrissen und das Strauchwerk treibt fort.

Die Faschinen sind über Wasser, oder wenn sie abwechselnd nafs und trocken werden, sehr vergänglich, und zwar an der See noch in höherem Maafse, als an den binnenländischen Strömen, weil das Weidenstrauch in dem salzigen Wasser und beim Wellenschlage nicht auswächst. Man mufs sonach entweder die Senkstücke nicht über das niedrigste Wasser vortreten lassen, oder auf sehr häufige Ausbesserungen gefafst sein. Im letzten Fall ist aber eine solche Constructions-Art zu wählen, wobei die Reparaturen leicht und schnell sich ausführen lassen. Dieses findet in der That vielfach in den Niederlanden statt, wo das Steinmaterial überaus kostbar ist, und man daher die Masse desselben möglichst zu vermindern sucht. Man führt alsdann die Senkstücke oder die darüber gepackten Strauchlagen so hoch auf, wie die Dämme überhaupt werden sollen, und überdeckt sie mit einer Schicht grofser und flacher Steine, die bei jeder Ausbesserung abgehoben und später wieder aufgebracht werden, also in gleicher Art, wie § 57 bereits erwähnt.

Bei den Hafenbauten an der Ostsee, wo kein merklicher Fluthwechsel stattfindet, auch die Preise der Steine sich bedeutend

Digitized by Google

niedriger stellen, da häufig grofse Massen erratischer Granitblöcke auf und vor dem Ufer vorkommen, pflegt man dagegen die Bedingung zu stellen, dafs das sämmtliche verwendete Strauch, nachdem es comprimirt ist, unter dem niedrigsten Wasser bleiben soll. Die Hafendämme erheben sich in den Kronen meist 5 bis 6 Fufs über Mittelwasser, und das niedrigste Wasser sinkt zu Zeiten noch 2 Fufs darunter. Es lastet alsdann auf den Senkstücken und den darüber gepackten Faschinen-Lagen eine 7 bis 8 Fufs hohe Steinmasse, und diese bewirkt keineswegs in kurzer Zeit, sondern wie die Erfahrung zeigt, nach Jahrzehnten noch ein fortwährendes Setzen und Comprimiren, so dafs schon aus diesem Grunde immer wiederholte Aufhöhungen und Umpflasterungen der Krone und der obern Theile der Dossirungen nothwendig werden. In welchem Maafse das ursprünglich schon durch die sogenannten Luntleinen zusammengedrückte Senkstück dabei an Höhe verliert, läfst sich nach den vorliegenden Erfahrungen nicht sicher nachweisen, und ohne Zweifel hängt dieses von dem verwendeten Strauch, so wie noch mehr vom Beschwerungs-Material ab, da dieses in die Zwischenräume zwischen den Reisern um so leichter eindringt, je feiner es ist. Gewifs ist aber die gewöhnliche Annahme, dafs die Stücke auf die halbe Höhe comprimirt werden, zu geringe. Es fragt sich daher, ob die Anwendung der Senkstücke überhaupt einen Vortheil gewährt, und ob, wenn der Damm sich endlich gesetzt hat, das dabei nach und nach verbrauchte Strauch-Material nicht eben so theuer ist, als wenn man nur Steine verwendet hätte.

Als man zum Molenbau bei Swinemünde statt der Steinschüttungen, die bei Plymouth und Cherbourg zur Anwendung gekommen waren, Senkstücke wählte, meinte man hierdurch die Anlage-Kosten wesentlich zu ermäfsigen. Dieses war auch Anfangs der Fall, die anhaltende Compression der Faschinen machte aber vielfach die Erhöhung der Dämme nothwendig, und da die Kronen abgepflastert werden mufsten, um die Steine einigermafsen zu sichern, so wurden solche Reparaturen überaus kostbar und wiederholten sich in kurzen Zwischenzeiten, weil man jede durch das Sacken der Faschinen im Pflaster entstandene Unregelmäfsigkeit bald beseitigen mufste, um gröfseren Beschädigungen vorzubeugen.

Digitized by Google

Zuweilen glaubt man, dafs nur durch Strauchbettungen, also durch Senkstücke das Unterspülen des ganzen Damms zu verhindern sei. Man stützt sich dabei auf die Erfahrung, dafs einzelne Steine, die auf dem Sande liegen, bei Wellenschlag in diesen versinken. Die Faschinenbettung unter einer Steinlage wird allerdings die Bewegung des Wassers und die Einwirkung desselben auf den Grund mäfsigen, dafs man sich jedoch nicht zu viel davon versprechen darf, beweist die bereits § 13 erwähnte Erfahrung, dafs die in dieser Art versuchte Sicherung einer hohen Sandbank in der Richtung der südlichen Mole vor Pillau nichts fruchtete. Jedenfalls würde diese Rücksicht auch nur die untere Senkstücklage rechtfertigen. Unbedingt gestalten sich die Verhältnisse in gröfserer Tiefe wesentlich anders, da die Kraft des Wellenschlags sich hier mäfsigt und bald ganz aufhört. Die Steine liegen daher auf dem Sand eben so sicher, als wenn sie auf Faschinen gebettet wären. Wenn aber in Folge der Strömung neben dem Damm der Grund sich vertieft, so erfolgt das Nachsinken eben sowohl, wenn die Steine auf einem Senkstük, als wenn sie unmittelbar auf dem Grund lägen. Bei den Schüttungen, die man in England und Frankreich an der See ausgeführt hat, ist eine Faschinen-Unterlage niemals angewendet, man hat aber nicht bemerkt, dafs dabei grofse Steinmassen im Sande versunken wären.

Nach der vorstehenden Auseinandersetzung ist es mindestens sehr zweifelhaft, ob die Anwendung der Senkstücke in den Hafendämmen von Nutzen ist, und ob es nicht vortheilhafter wäre, sie durch Steinschüttung vollständig zu ersetzen, statt sie nur mit solchen zu umgeben. In neuerer Zeit ist dieses in unsern Häfen auch wirklich geschehn, ohne dafs sich dabei ein starkes Versinken der Steine gezeigt hätte. Da jedoch die Senkstücke vielfach benutzt sind, die Hafenbaumeister sich auch noch davon oft grofse Vortheile versprechen und dabei die ersten Anlage-Kosten ermäfsigt werden, so darf die Beschreibung dieser Bauart hier nicht fehlen. Es sollen jedoch die verschiedenen Modificationen derselben nur kurz angedeutet und vorzugsweise diejenige Methode mitgetheilt werden, die ich bei verschiedenen Bauten in Pillau gewählt hatte, und die sich auch als zweckmäfsig erwies, da von der grofsen Anzahl von Senkstücken kein einziges ver-

Digitized by Google

unglückte, vielmehr jedes wirklich an diejenige Stelle kam, für die es bestimmt war.

Die Zusammensetzung der Senkstücke erfolgt in der Art, dafs zunächst als Unterlage ein Rost aus Würsten gebildet wird. Letztere sind in beiden Richtungen 3 bis 5 Fufs von einander entfernt und in allen oder in einigen Kreuzungen zusammengebunden. Jedenfalls geschieht dieses in den äufsern Rändern rings um das Stück. Darüber werden gewöhnliche Faschinen gepackt, und zwar so, dafs die Wipfelenden derselben immer im Innern liegen und aufsen nur Stammenden sichtbar sind. In jeder einzelnen Lage sind sämmtliche Faschinen parallel zu einander und zur Länge oder Breite des Senkstücks gerichtet, in jeder folgenden Lage aber rechtwinklig gegen die vorhergehende. In dieser Weise setzt sich die Packung fort, bis das Stück die erforderliche Höhe hat. Nunmehr wird darüber wieder ein Rost von Würsten aufgebracht, der möglichst genau über dem untern liegt, und beide werden mit einander durch Leinen verbunden. Zu diesem Zweck stöfst man durch die Kreuzungen der Würste im untern Rost, sobald diese verlegt sind, Pfähle von hinreichender Höhe ein, dieses sind die sogenannten Luntpfähle, und schlingt um dieselben die beiden Enden der unter den Würsten hindurchgezogenen Leinen. Jeder Pfahl mit beiden Enden der Leine ragt über die spätere Faschinen-Packung hinaus, und man kann sonach den obern Rost an den untern anbinden und dabei, wenn es für zweckmäfsig erachtet wird, auch zugleich eine starke Compression der Packung veranlassen. Fig. 181 zeigt die Aufstellung eines Luntpfahls und zugleich die Art, wie beide Enden der Leine, welche man die Luntleine nennt, darum geschlungen werden. Diese Benennungen beziehn sich auf die Aehnlichkeit mit gewöhnlichen Lunten, die gleichfalls aus Leinen bestehn, welche um Stöcke gewunden sind.

In der Zusammensetzung der Senkstücke zeigt sich insofern eine Verschiedenheit, als man zuweilen die untern Würste soweit überragen läfst, dafs ihre Enden bis auf die obere Fläche der Packung reichen, und dadurch Gelegenheit geboten wird, sie unmittelbar an die entsprechenden obern Würste anzubinden. Der hierdurch erreichte Vortheil ist indessen nur scheinbar, denn die Luntleinen geben dem Senkstück schon solche Festigkeit, dafs

Digitized by Google

dasselbe beim Ablaufen von der Rüstung und während es auf dem Wasser schwimmt und versenkt wird, sich nicht auflösen kann. Sobald es aber auf dem Grund oder auf andern Senkstücken liegt, und das Beschwerungs-Material aufgebracht ist, so muſs es durch dieses geschützt werden. Die Compression, die es alsdann erfährt, ist auch so groſs, daſs sowohl die Luntleinen, als auch die zur Seite hinaufreichenden Würste auſser Wirksamkeit kommen. Weder die einen, noch die andern bleiben alsdann gespannt, indem die obere und die untere Fläche des Stücks sich einander weit mehr nähern, als dieses bei der Packung künstlich erreicht werden konnte.

Aus demselben Grunde ist es auch zwecklos, sehr starke Luntleinen zu verwenden und mittelst langer Hebel eine möglichst starke Compression der Stücke in jeder Durchkreuzung darzustellen. In dieser Absicht stellt man zuweilen einen kleinen mit Schwellen versehenen Bock auf die obere Kreuzung, legt einen langen Hebel darüber, an dessen kürzeren Arm die nächste Luntleine gebunden ist, und indem nunmehr der lange Arm durch mehrere Leute herabgedrückt wird, so bindet ein andrer Arbeiter unter dem Bock die betreffenden Leinen möglichst scharf an die obere Durchkreuzung. Die Leine, mit der dieses geschieht, wird aber durch den Hebel nicht angezogen, vielmehr spannt derselbe die nächst folgende Leine, so daſs im obern Rost ein Kreuz herabgedrückt und im Abstand von 3 bis 5 Fuſs seitwärts im untern Rost eins gehoben wird. Hierdurch kann augenscheinlich eine starke Compression nicht erreicht werden, während man besorgen muſs, daſs die Würste dabei zerreiſsen. Jedenfalls ist aber das scharfe Anziehn der Luntleinen entbehrlich und aus diesem Grund dürfen die letztern auch nur so stark sein, daſs sie nicht aus freier Hand zerrissen werden können. Es ist ferner übertriebene Vorsicht, wenn man jede einzelne obere Kreuzung mit der entsprechenden untern verbindet, wie bei uns groſsentheils geschehn ist. In den Niederlanden geschieht dieses nicht, vielmehr habe ich bei den Senkstückbauten, die an der Mündung des Nordholländischen Canals in das Y ausgeführt wurden, gesehn, daſs nur etwa in den zwanzigsten Theil der Durchkreuzungen ein Luntpfahl gesteckt wurde, doch versah man am Umfange der Stücke jede Durchkreuzung mit einem solchen. Die sämmt-

Digitized by Google

lichen übrigen Durchkreuzungen wurden indessen mit Bindweiden umbunden.

Diese Verminderung der Anzahl der Luntleinen hat nicht nur einigen Einfluſs auf die Baukosten, indem dadurch Material und Arbeit erspart wird, sondern es tritt dabei noch der wesentliche Vortheil ein, daſs wegen der weiteren Entfernung der Pfähle die Faschinen bequemer zugetragen werden können und daſs diese Pfähle dabei namentlich beim Beginn der Packung nicht so oft umgeworfen werden. Zum Wiederaufrichten derselben müssen unter allen Umständen einige Arbeiter besonders angestellt werden. Begegnen die Arbeiter, welche die Faschinen tragen, alle 3 oder 4 Fuſs an beiden Seiten solchen Pfählen, so können sie bei dem unsichern Auftreten und indem auch der Wind die Faschinen faſst, die sie tragen, sich nicht davon frei halten, sie stoſsen dieselben daher unaufhörlich um, oder drücken sie so weit seitwärts, daſs die obere Kreuzung nicht mehr auf die untere treffen würde.

Eine wesentliche Verschiedenheit in der Construction der Senkstücke findet aufserdem statt, indem ihre Verbindung theils auf festen, theils auf beweglichen Rüstungen und zuweilen sogar ohne Rüstung auf dem Wasser geschieht. Die letzte Methode wird in den Niederlanden vielfach angewendet, und wenn eine geschützte Bucht von angemessner Tiefe in der Nähe ist und überdieſs ein mäſsiger Fluthwechsel stattfindet, so ist dieses Verfahren nicht unbequem, obwohl es längere Zeit in Anspruch nimmt, indem das Stück nur in mehreren Fluthperioden beendigt werden kann. Es mag hiervon zunächst die Rede sein.

Man legt zur Zeit des Niedrigwassers die Würste des untern Rostes, die sich nach der Länge des Stücks erstrecken, auf das flache Ufer, und auf die Enden derselben, die dem Meere am nächsten sind, mehrere Reihen Querwürste. Die Entfernung der Würste in beiden Richtungen miſst 4 Fuſs. In die Durchkreuzungen, so weit sie gebunden werden sollen, setzt man sogleich die Luntpfähle ein, die dort nur aus schwachen Weidenästen bestanden, und befestigt an diese die um die Kreuze geschlungenen Luntleinen. Ueber den vordern Theil des Rostes werden sogleich Faschinen gepackt, doch nur in solcher Ausdehnung und Höhe, daſs die nächste Fluth sie noch heben kann. Geschieht dieses, so wird jedes Ende der auf dem Ufer liegenden Langwürste von

Digitized by Google

je einem Arbeiter gefafst und soweit vorgeschoben, dafs die bereits ausgeführte Faschinen-Packung bei der folgenden Ebbe im Wasser bleibt. Beim Eintritt der nächsten Ebbe vervollständigt man den untern Rost durch neue Querwürste, bindet dieselben an die Langwürste, stellt die Luntpfähle auf und packt Faschinen dazwischen. In dieser Art setzt sich die Arbeit fort, bis endlich das Stück soweit hinausgeschoben ist, dafs es durch die nächste Fluth vollständig und in seiner ganzen Ausdehnung gehoben wird. Nunmehr wird die Packung, die in der Regel nur in der Höhe von etwa 3 Fufs erfolgt, beendigt, und der obere Rost aufgebracht und mittelst der Luntleinen mit dem untern verbunden.

Auch in Swinemünde, wo bekanntlich kein merklicher Fluthwechsel stattfindet, hat man ein ähnliches Verfahren versucht.*) Der untere Rost wurde auf dem Ufer verbunden und mit Luntpfählen besteckt, sodann aber herabgeschoben und vor ein Bohlwerk gelegt, während man ihn durch Böte, die vor Anker lagen, festhielt, so dafs er durch den Strom nicht verschoben oder in seiner Form verändert werden konnte. Alsdann warf man vom Bohlwerk aus die Faschinen auf den schwimmenden Rost, bis die Packung so massenhaft wurde, dafs sie die Arbeiter tragen konnte, und nunmehr erfolgte durch diese die weitere Erhöhung, sowie auch die Aufbringung des obern Rostes. Später wurde jedoch von dieser Methode nicht mehr Gebrauch gemacht. Ihre Anwendung, die weder bequem war, noch auch ein geregeltes Verlegen der Faschinen gestattete, scheint sich nur auf wenige Versuche beschränkt zu haben.

Als ich im Jahre 1822 in Swinemünde war, wurden die Senkstücke ausschliefslich auf beweglichen Rüstungen erbaut, und es bestanden dort zwei solche, von 80 Fufs Länge und 56 Fufs Breite, auf denen Stücke von gleicher oder geringerer Gröfse verbunden werden konnten. Der mit vollständigem Bohlenbelag versehene bewegliche Boden jeder Rüstung ruhte auf einem starken Balken, um welchen er sich drehn konnte. Hierdurch war Gelegenheit geboten, die Senkstücke in horizontaler Lage zusammenzusetzen, und sie auf geneigten Flächen herabgleiten zu

*) Bauausführungen des Preufsischen Staates. Band I. Berlin 1842. Seite 103.

Digitized by Google

lassen, sobald sie fertig waren. Fig. 182 *a* zeigt die Zusammensetzung dieser Rüstung in der Seitenansicht, sowie *b* in der Ansicht von oben. Der feste Theil der Rüstung bestand aus zwei Pfahlreihen, in denen die einzelnen Pfähle 6 Fuſs von einander entfernt waren, und sich gegenüber standen. Die vordere war verholmt, und von diesem Holm reichte nach jedem hintern Pfahl ein Balken hinüber, der über dem Holm mit einem flach kreisförmigen Einschnitt versehn war. Diese Einschnitte, welche in ihrer Lage und Höhe mit einander übereinstimmten und eine cylindrische Fläche darstellten, bildeten das Lager, worin die Achse des beweglichen Theils sich drehte. Aufserdem verband noch ein Rahmstück über der hintern Pfahlreihe die erwähnten Balken unter einander. Dasselbe war unmittelbar mit den Pfählen durch Bügel so fest verbunden, dafs es nicht abgehoben werden konnte. Auf diesem ruhte der bewegliche Boden, sobald er sich in horizontaler Lage befand, und er wurde alsdann mittelst starker Taue daran gebunden, damit er nicht etwa umkippen möchte, wenn vielleicht zufällig das äufsere Ende zu stark belastet wäre. Die Drehungsachse, die in jenen Einschnitten ruhte, bestand in einem starken hochkantigen Balken, der an den Stellen, wo er auflag, in seiner untern Fläche cylindrisch abgerundet war. In Abständen von 6 zu 6 Fuſs waren verzahnte Träger aufgekämmt, deren obere Theile 56 Fuſs lang waren. Dreizehn Querbalken, an verschiedenen Stellen gestofsen, verbanden diese Träger mit einander. Letztere waren aufserdem noch durch schräge Bänder abgesteift, die an den Enden mit Versatzung in sie eingriffen und angebolzt waren, während sie sich zugleich gegen den Balken stützten, der die Drehungsachse bildete. Diese Bänder verhinderten das Verbiegen der ganzen Rüstung in horizontaler Richtung. Um dagegen dem Durchbiegen in verticaler Richtung zu begegnen, war die Hälfte der verzahnten Träger an beiden Seiten mit besonders breiten und starken Bohlen armirt. Auf den erwähnten Querbalken, die mit der Drehungsachse parallel lagen, befand sich der Bohlenbelag, auf dem die Senkstücke erbaut wurden.

Hätte man aber ein Senkstück unmittelbar auf diesem Boden zusammengesetzt, so wäre eine sehr starke Neigung nöthig gewesen, um es herabgleiten zu lassen. Es wurde daher darüber noch ein System von Rollen angebracht, auf welchen das

Digitized by Google

Stück schon bei geringer Neigung herablief. In der Richtung der Drehungsachse lagen in Abständen von 3 Fuſs diese Rollen, und in der darauf senkrechten Richtung befanden sich in gröſseren Abständen je zehn solche hinter einander. Sie hielten etwa 6 Zoll im Durchmesser, und waren mit vorstehenden Rändern und eisernen Achsen versehn, die in hölzernen Pfannen sich drehten. Auf die hinter einander liegenden hölzernen Rollen wurden Bohlen geschoben und auf jede solche brachte man eine Wurst, wodurch die untere Lage des Rostes sich bildete. Beim Aufpacken der Faschinen war einige Aufmerksamkeit nöthig, um zu verhindern, daſs nicht etwa starke Reiser gegen die Rollen oder die Pfannen stieſsen, wodurch das Ablaufen verhindert wäre.

Sobald man nach der Zusammensetzung des ganzen Senkstücks dem Boden auch nur eine geringe Neigung gab, so kamen die Bohlen mit der darauf ruhenden ganzen Masse in Bewegung und glitten in das Wasser herab. Sie waren aber einzeln an Leinen gebunden, und mittelst dieser wurden sie, sobald das Stück schwamm, unter demselben hervorgezogen.

Um nach Vollendung des Senkstücks dem beweglichen Boden die erforderliche Neigung zu geben, oder um ihn nach der Stromseite überkippen zu lassen, traten etwa fünf und zwanzig Mann auf das Senkstück. Dieselben stellten sich zunächst auf den landseitigen Rand desselben. Alsdann wurden die Taue gelöst, mittelst deren der bewegliche Boden bisher in seiner Lage gesichert war. Sobald die Mannschaft darauf nach der vordern Seite ging, so schlug die Rüstung um, und das Stück glitt mit den darauf stehenden Leuten in das Wasser.

Ich habe mehrere Senkstücke in dieser Weise ablaufen sehn, ohne daſs irgend eine Störung dabei vorgekommen wäre. Der hölzerne Boden tauchte auch nur wenig in das Wasser ein, indem sich dabei sehr schnell das Gleichgewicht wieder herstellte. Wenn aber nach dem Ablaufen des Senkstücks die Mannschaft nunmehr auf den schrägen Boden trat und nach dem landseitigen Rande ging, so nahm derselbe die horizontale Lage wieder an, worauf er durch Taue befestigt wurde. Nichts desto weniger lieſs sich nicht verkennen, daſs der bewegliche Boden in sich nicht genügend fest verbunden war, und seine Form sich sehr auffallend veränderte. Man bemerkte nicht nur starke Durchbiegungen der

Digitized by Google

Träger, sondern aufserdem neigten sich diese auch nicht gleichmäfsig, und der Boden bildete, wenn er umgeschlagen war, eine auffallend windschiefe Fläche. Es leidet keinen Zweifel, dafs der Zusammenhang der einzelnen Verbandstücke hierdurch gelockert werden mufste, und wahrscheinlich waren vielfache und ausgedehnte Reparaturen der Rüstung nothwendig.

Man hat diese beweglichen Rüstungen, die man in Swinemünde Wippen nannte, soviel mir bekannt, nirgend wieder benutzt, vielmehr sind später in allen Preufsischen Häfen, bei Ausführung der Senkstücke feste Rüstungen zur Anwendung gekommen. Bei Beschreibung der letztern beschränke ich mich auf diejenigen Einrichtungen und Verfahrungsarten, die ich nach manchen Versuchen zu den Bauten bei Pillau wählte, und die sich bei vielfacher Benutzung als zweckmäfsig zu erkennen gaben, während sie zugleich möglichst einfach waren.

Die Rüstung mufs an einer Stelle des Ufers erbaut werden, die nicht dem heftigen Wellenschlage der See ausgesetzt ist, vielmehr eine gedeckte Lage hat. Aufserdem mufs die Wassertiefe davor so grofs sein, dafs das Senkstück beim Ablaufen den Grund nicht berührt, sondern vollständig schwimmt. Indem die Höhe der Stücke nicht leicht mehr als 6 Fufs mifst, so genügt diese Tiefe. Dieselbe ist aber auch insofern nothwendig, als die Arbeit sich sehr erleichtert, wenn die kleinen Fahrzeuge, welche die Faschinen anfahren, an die Rüstung anlegen und in der Art gelöscht werden können, dafs man die Faschinen, ohne sie zuerst aufzustellen, unmittelbar aus dem Schiff auf die Rüstung trägt und daselbst verpackt. Ein zuverlässiger Aufseher zählt alsdann die Faschinen, und wenn eine gröfsere Anzahl besonders schwach ausfällt, oder sonst den Lieferungs-Bedingungen nicht entspricht, so mufs die Arbeit unterbrochen und eine nähere Prüfung vorgenommen werden (vergl. Theil II, § 34). Das Quantum der angelieferten und verpackten Faschinen läfst sich aber aufserdem auch später noch ziemlich sicher beurtheilen, indem jeder Luntpfahl mit einer Eintheilung in ganze Fufse versehn ist, und sonach der Rauminhalt der Packung leicht ermittelt werden kann.

Der untere Rand der Rüstung mufs über Wasser liegen, wenn auch vielleicht in seltenen Fällen bei ungewöhnlichen Stürmen das Wasser darüber steigt und die Wellen aufschlagen. Es ist aber

Digitized by Google

vortheilhaft, wenn andrerseits auch keine zu grofse Niveau-Differenz zwischen diesem Rande und dem Wasserspiegel sich bildet. Wenn bei gröfserer Höhe das Senkstück selbst auch nicht durch die starke Krümmung, die es annehmen mufs, leidet, so brechen dabei doch leicht die Bohlen, auf welchen die untern Würste liegen, und man ist alsdann gezwungen, diese häufig durch neue zu ersetzen.

Für das nachstehend bezeichnete Verfahren beim Herablassen der Senkstücke genügt eine Neigung von 12 Graden gegen den Horizont, wobei das Ablaufen sehr sicher erfolgt, aber dennoch alle Operationen bequem vorgenommen werden können, insofern die Fläche mehr als die fünffache Anlage hat. Dabei ist es ohne Nachtheil, dafs die Luntpfähle, die ihrer sichern Stellung wegen immer lothrecht eingesetzt werden, nicht normal gegen die Oberfläche des Stücks stehn und sonach auch der obere Rost nicht genau der Lage des untern entspricht.

Die Rüstung ruht, wie Fig. 184 *a* und *b* zeigen, auf verholmten Pfahlreihen. Indem diese aber niemals stark belastet werden, so dürfen die Pfähle weder besonders fest eingerammt sein, noch ist es nothwendig, starkes Holz dazu zu verwenden. Auch ist es nicht erforderlich, dafs die Holme aus vollkantigen Balken zugerichtet werden, doch empfiehlt es sich, die Pfahlreihen nicht zu weit von einander zu entfernen, damit man, ohne dafs die Rüstung mit einem Bohlenbelage versehn ist, die Würste bequem verlegen kann. Das Fehlen dieses Bohlenbelages gewährt aber den Vortheil, dafs man die Regelmäfsigkeit der Packung in der untern Fläche prüfen kann. Es kommt nämlich, wie bereits erwähnt, sehr darauf an, dafs nicht einzelne Faschinen bis unter die Würste herabreichen, weil solche leicht gegen die Rollen stofsen, und dadurch das Ablaufen des Stücks verhindern. Wenn das Ufer unregelmäfsig ansteigt, so trifft es sich zuweilen, dafs man einzelne Holme entweder in ihrer ganzen Länge oder theilweise unmittelbar auf den Boden legen kann. Die Pfähle sind alsdann an diesen Stellen entbehrlich, und es genügt, keilförmige Klötze aus den Abfällen der Bohlen und Holme darunter zu schieben und, soweit es nöthig ist, nachzutreiben.

Ueber die Holme werden endlich Halbhölzer regelmäfsig verlegt und nicht nur aufgekämmt, sondern auch mit einigen Bolzen

Digitized by Google

befestigt, damit an ihnen das Senkstück sicher zurückgehalten werden kann. Der Abstand dieser Halbhölzer von einander ist jedesmal dem der Würste gleich, und es genügt, diesen zu 4 Fuſs anzunehmen, wobei die Querwürste noch nicht stark durchbiegen.

Die angegebene Neigung des Gerüstes ist zu flach, als daſs das Senkstück, wenn es unmittelbar darauf gelegt würde, herabgleiten könnte. Damit dieses geschieht, ist die Anwendung von Rollen erforderlich. Man hatte solche, und zwar in der Art, daſs sie in einer Länge quer über die Rüstung reichten, schon mehrfach beim Senkstückbau angewendet. Es kam nur darauf an, sie zweckmäſsig zu befestigen. Die übliche Methode, wonach vor jedes Ende der Rolle an das Halbholz ein hölzerner Nagel eingetrieben wird, den man beim Herablassen des Stücks mit einer Axt durchschlägt, bot nicht die nöthige Sicherheit, und namentlich fehlte diese, wenn bereits viele Nägel an derselben Stelle abgeschlagen waren, auch wurde oft das Aufbringen eines neuen Stücks dadurch verzögert, daſs man immer andre Löcher einbohren, oder die alten räumen und auſserdem die erforderlichen Nägel schneiden muſste. Passender fand ich es, bewegliche Knaggen aus Eichenholz zur Seite der äuſsern Halbhölzer zu befestigen, die sich um starke Bolzen drehten und in ihren Endflächen nach Kreisbogen abgerundet waren. Fig. 184 a. zeigt dieselben. Man durfte sie nur anheben, um den Rollen Stützpunkte zu bieten, und sobald das Stück abgelassen werden sollte, genügte ein Schlag mit dem Rücken der Axt, um sie herabzutreiben. Nichts desto weniger muſste das Senkstück noch in andrer Art und zwar in seiner Mitte gehalten werden, weil sonst die Rollen, welche sich nur mit ihren Enden an die Knaggen lehnten, bei zunehmender Belastung stark durchbogen und dadurch später an ihrer Bewegung verhindert wurden.

Diese Rollen waren aus geraden und dünnen Kiefern-Stämmen zugeschnitten und cylindrisch bearbeitet, so daſs sie an den Stammenden nicht stärker, als an den Wipfelenden waren. Ihre Länge, die um einige Fuss gröſser als die Breite der Rüstungen sein musste, maaſs 44 Fuss, und ihr Durchmesser 6 Zoll. Sie wurden in Abständen von 6 Fuss verlegt, indem jene Knaggen eben so weit von einander entfernt waren.

Digitized by Google

Nach dem Aufbringen der Rollen legte man die Bohlen darüber. Dieselben mussten beim Ablaufen der Stücke sich krümmen. Sie durften daher nicht zu stark, noch über den Spahn geschnitten oder durch viele und weite Astlöcher geschwächt sein. Ferner mussten sie die Länge der Rüstung (rechtwinklig gegen das Ufer gemessen) haben. Diese betrug 60 Fuss. Endlich war es nothwendig, dass die Bohlen recht eben waren, damit man sie unter den schwimmenden Stücken leicht hervorziehn konnte. Sie wurden daher auf der obern Fläche und auf beiden schmalen Seiten behobelt, auch die Kanten gebrochen. Da sie aber nicht die erforderliche Länge hatten, so mussten sie gestofsen werden, und dieses geschah in der Art, wie Fig. 183 zeigt. Die zu verbindenden Enden wurden keilförmig zugeschärft, so dafs ihre Stärke am Ende nur $^1/_2$ Zoll betrug, und nunmehr wurden sie durch eine Anzahl Nägel, die sämmtlich mit den Köpfen versenkt und an der untern Seite umgeschlagen waren, zusammengefügt. Dadurch bildeten sich freilich weder oben noch unten bündige Flächen, vielmehr entstanden auf beiden Seiten scharfe Absätze, doch hatten dieselben solche Richtung, dafs sie weder beim Ablaufen des Stücks die Bewegung hemmen, noch das spätere Hervorziehn der Bohle erschweren konnten.

Diese Bohlen wurden in der Art an die darunter befindlichen Halbhölzer befestigt, dafs beide in der Nähe ihrer Köpfe seitwärts eingekerbt, die scharfen Kanten gebrochen, und Enden von Luntleinen, woran es nie fehlte, darum gebunden wurden. Die Bohle legte sich dabei mit ihrem Kopf auf das Halbholz fest auf, und die Verbindung war so innig, dafs nicht die geringste Bewegung erfolgte. Man sicherte hierdurch nicht nur das Senkstück gegen ein mögliches zu frühzeitiges Ablaufen, sondern es wurde dadurch auch das Nachgeben und Krümmen der Rollen vollständig verhindert. Sobald aber das Senkstück herabgelassen werden sollte, so genügte ein Schlag mit dem Beil, um die umgeschlungenen Leinen zu zerschneiden.

Nachdem diese Vorbereitungen getroffen waren, konnte das Senkstück zusammengesetzt werden. Die Würste werden in gewöhnlicher Art und zwar in der Stärke von 6 Zoll und in der vorher bestimmten Anzahl und Länge angefertigt. Diese Längen stimmen mit der Länge und Breite des Stücks überein,

Digitized by Google

und ihre Anzahl ergiebt sich gleichfalls aus diesen Dimensionen, indem sie 4 Fuſs von einander entfernt ausgelegt werden. Zunächst wird auf jede Bohle eine Wurst gelegt, und darüber kommen die Querwürste, die jedoch um 1 Fuss über jene hinausreichen. Alsdann schlingt man um alle Kreuzungen, die gebunden werden sollen, Luntleinen. Letztere müssen so stark sein, daſs sie aus freier Hand nicht zerrissen werden können, und ihre Länge ist etwa 6 Fuss gröſser, als die doppelte Höhe des fertigen Senkstücks. Man zieht jede Leine unter beiden Würsten soweit hindurch, daſs sie in ihrer Mitte diese fassen, alsdann wird ein halber Knoten geschlungen, der Luntpfahl eingestoſsen und beide Enden der Leine in entgegengesetzten Richtungen um diesen gewunden, wie Fig. 181 zeigt, und an den Kopf des Luntpfahls gebunden. Jeder dieser Pfähle ist durch Kerben in ganze Fuſse eingetheilt, und indem alle Pfähle gleiche Länge haben, so kann man an dem freistehenden Theil leicht erkennen, wie hoch die Faschinen-Packung an jeder Stelle ist. Auf die Kreuzungen im Umfange des Senkstücks müssen jedesmal Luntpfähle mit den zugehörigen Leinen gestellt werden, weil ohne diese Vorsicht die äuſsern Faschinen hinausfallen. Im Innern des Stücks genügt es aber, wenn in jeder Richtung auf das zweite Kreuz ein Pfahl gestellt, also nur der vierte Theil der Durchkreuzungen mit den entsprechenden obern verbunden wird.

In welcher Art die Faschinen verlegt werden, ergiebt sich aus Fig. 184. Es ist dabei angenommen, daſs die Faschinen in Schiffen angeliefert und aus diesen unmittelbar auf das Stück getragen werden. Sollten sie dagegen vorher auf das Ufer aufgestellt sein, so beginnt die Packung am obern Ende des Stücks, damit die Arbeiter beim Zutragen der Faschinen nicht unmittelbar auf den Würsten, sondern auf der bereits begonnenen Strauchpackung gehn können. Als allgemeine Regel gilt es, daſs die Faschinenlagen sich stets kreuzen, und die Seitenwände des Senkstücks nur die Stammenden zeigen dürfen. Aufserdem muſs die untere Lage des Stücks in der Art gebildet werden, daſs kein Wipfelende einer Faschine zwischen den Würsten tief herabsinken kann. Die letzte Bedingung macht es nothwendig, an der Stelle, wo die Wipfelenden der ersten Reihe hintreffen, noch eine Querwurst zu verlegen, wie solche auch in der Zeichnung an-

Digitized by Google

gegeben ist. Man wirft also eine Faschine neben die andre zwischen die Luntpfähle in der Längenrichtung des Stücks, und zwar so, dafs die Stammenden etwa 1 Fufs über die letzte Quer-Wurst hinausreichen. Die zweite Faschinen-Reihe derselben Lage wird verkehrt und über diese hinaus so ausgelegt, dafs die Stammenden jedesmal wieder 1 Fufs über die folgende Wurst treffen. In dieser Weise setzt sich die Packung fort, bis die erste Lage das Ende des Rostes erreicht.

Es ist indessen sehr beschwerlich, auf dieser ersten Lage zu gehn, weil man bei der parallelen Richtung der Faschinen leicht hindurch tritt. Aus diesem Grund macht man sogleich mit dem Aufbringen der zweiten Lage, oder der ersten Querlage den Anfang. Auch in dieser wird die erste Faschinenreihe mit den Stammenden nach aufsen und zwar wieder so gelegt, dafs diese etwa 1 Fufs über die äufsere Wurst hinausreicht. In einer der folgenden Reihen mufs man wieder die Faschinen umkehren, damit auf der andern Seite des Stücks die Stammenden nach aufsen kommen. Die fernere Packung setzt sich in derselben Art fort, bis die beabsichtigte Höhe erreicht ist, bemerkt man aber irgend wo eine besonders tiefe Stelle, so füllt man diese aus, und indem häufig einzelne Faschinen sich lösen und oft grofse Massen ungebundenen Strauchs übrig bleiben, so kann man auch dieses unbedingt im Innern des Stücks verwenden.

Das Gehn auf den Faschinen ist freilich unbequem, doch ist der Uebelstand nicht von Bedeutung, wenn man jüngere Personen und besonders wenn man Seeleute bei dieser Arbeit benutzt. Die Anwendung von Laufdielen, die unaufhörlich verlegt werden müssen, ist nicht zu empfehlen, weil dadurch die Arbeit ungemein verzögert wird, und dasselbe gilt auch von der Anordnung, dafs Einer dem Andern die Faschine zuwirft, wie dieses zuweilen geschieht. Bei stärkerem Winde ist das Letzte ganz unausführbar und auch sonst ist es sehr zeitraubend, besonders wenn die Tagelöhner weder im Werfen noch Auffangen die nöthige Uebung haben, und daher fortwährend Störungen eintreten.

Sobald die ganze Packung die beabsichtigte Höhe erreicht hat, welche keineswegs überall dieselbe zu sein braucht, sondern so gewählt wird, dafs die Unebenheiten des Untergrundes sich möglichst ausgleichen, alsdann wird der obere Rost aufgebracht,

Digitized by Google

und zwar hängt es von der Richtung der Faschinen in der letzten Lage ab, ob zuerst die Längen- oder die Querwürste verlegt werden. Die erste Reihe der Würste mufs die zunächst darunter befindlichen Faschinen kreuzen, damit diese sicher gehalten werden. Die zweite Reihe der Würste liegt normal gegen die erste, und zwar werden beide so gelegt, dafs sie die Luntpfähle berühren. Nunmehr löst man von einem Pfahl nach dem andern die Leinen, zieht den Pfahl heraus und bringt beide Enden der Leine in solche Lage, dafs beide Würste dazwischen treffen. Der Arbeiter tritt alsdann auf die obere Wurst, um diese herabzudrücken, und bindet darüber die Leinen so scharf zusammen, wie dieses ohne Anwendung besonderer mechanischer Hülfsmittel geschehn kann, und schneidet die übrigbleibenden Enden ab. Diese Enden werden gesammelt und später zu andern Zwecken, namentlich aber, wie bereits erwähnt, zum Anbinden der Bohlen an die Halbhölzer verbraucht. Die ganze Faschinen-Packung wird auf diese Art zwar keineswegs so fest comprimirt, als wenn man die sämmtlichen Durchkreuzungen im obern und untern Roste mit einander unter Anwendung eines besonders starken Drucks verbunden hätte. Solche möglichst starke Compression ist indessen ohne Zweck, da die Packung schon durch das Auftragen der Faschinen und das Verlegen des Rostes eine geschlofsne und dichte Lage annimmt, und keine gröfsern Räume darin frei bleiben.

Nachdem die Luntleinen an den obern Rost gebunden sind, ist das Senkstück wesentlich fertig und kann, wenn die Rüstung zum Abbinden eines andern Stücks sogleich wieder benutzt werden soll, herabgelassen werden. Zuweilen werden die obern Würste noch, wie beim gewöhnlichen Pachwerk, durch eine grosse Anzahl Spiek- oder Faschinen-Pfähle befestigt, da jedoch in den Senkstücken die Würste schon angebunden werden, so ist dieses entbehrlich, es sei denn, dafs einzelne Würste auf grofse Längen frei liegen. Das Letztere vermeidet man aber leicht, indem man die Luntpfähle in Reihen aufstellt, die diagonal über das Stück sich hinziehn. Das Einschlagen der Pfähle kann bei unvorsichtiger Arbeit auch sehr nachtheilig werden, indem die Bänder der Würste dabei leicht zerreifsen und alsdann der Zusammenhang des ganzen Stücks geschwächt wird.

Das Senkstück bedarf indessen noch in andrer Beziehung

Digitized by Google

einer Vervollständigung. Es mufs nämlich nicht nur mit einer Zäunung umgeben werden, damit das Senkmaterial nicht herabfällt, sondern durch solche mufs man auch seine Oberfläche in verschiedene Felder eintheilen, um zu verhindern, dafs bei einer stärkern Neigung, die während des Versenkens leicht eintreten kann, nicht alles Material auf eine Seite gleitet, und dadurch das Stück sich noch schräger stellt und nicht auf die beabsichtigte Stelle gebracht werden kann. Diese Zäunungen lassen sich eben so gut ausführen, wenn das Stück bereits auf dem Wasser schwimmt, als wenn es noch auf der Rüstung liegt, und zwar ist das Erstere in sofern noch vortheilhafter, als es namentlich bei niedrigen Stücken nicht selten geschieht, dafs die Zaunpfähle ganz hindurch reichen und mit ihren Spitzen in die Bohlen eindringen, wodurch das spätere Hervorziehn der letztern erschwert und oft unmöglich wird. Indem die Zäune, welche auf den äufsern Würsten stehn, weniger Festigkeit haben, so darf man sich mit diesen nicht begnügen, und es ist nothwendig, auch auf die nächsten Würste solche zu stellen, so dafs also zwei Zäune das Stück auf allen Seiten umschliefsen. In dem innern Raum wird selbst bei grofsen Stücken meist nur ein Zaun nach der Länge desselben und zwei nach der Quere gezogen, so dafs hier sechs getrennte Felder entstehn. Ueber die Ausführung dieser Zäune ist wenig zu sagen. Man treibt Pfählchen, die etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll stark und unten zugespitzt sind, in Abständen von 6 bis 12 Zoll in die Würste, über welche sie $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuss vorstehn uud umflicht sie mit Reisern. Je stärker die letztern sind, um so weiter müssen die Pfählchen von einander entfernt bleiben.

Endlich kommt es noch darauf an, gewisse feste Punkte auf dem Stück darzustellen, woran dasselbe theils während des Transports gezogen und theils beim Versenken gehalten werden kann. Hierbei kann man die gewöhnlichen Faschinenpfähle, und zwar solche, die nahe die untere Fläche des Stücks erreichen, nicht entbehren. Sie werden wieder durch die Würste und unmittelbar daneben in verschiedenen Richtungen und oft in grofser Anzahl eingetrieben, so dafs sie vortretende und etwas verbreitete Köpfe bilden, über welche die umgeschlungenen Taue nicht abgleiten. Endlich ist es beim Versenken des Stücks auch von

Digitized by Google

grofser Wichtigkeit, es an einem Tau zu halten. Namentlich ist dieses nothwendig, wenn einige Strömung stattfindet, und die Wassertiefe bedeutend ist. Man flicht alsdann einen starken Ring aus Reisern und bindet diesen an eine Durchkreuzung der Würste. Damit letztere aber nicht nachgiebt, so wird sie rings umher mit Faschinenpfählen an die Packung genagelt. Da in beiden Fällen die Pfähle tief eingreifen müssen, so empfiehlt es sich, diese Köpfe und Ringe nicht früher anzubringen, als bis das Stück schwimmt und die Bohlen darunter beseitigt sind. In den Niederlanden benutzt man hierzu in neuerer Zeit eiserne Ringe, welche an die Durchkreuzungen der untern Würste gebunden sind.

Bevor man das Senkstück ablaufen läfst, müssen sorgfältig alle Vorkehrungen getroffen werden, um zu verhindern, dafs es nicht etwa durch irgend welche Hindernisse auf der Rüstung zurückgehalten wird, und dafs es, sobald es schwimmt, sogleich in solche Lage gebracht und sicher gehalten werden kann, wie der weitere Transport und die Beseitigung der Bohlen dies erfordert, auch müssen die Bohlen, so wie die Rollen einzeln an Leinen gebunden sein, damit sie nicht vom Strom fortgetrieben, vielmehr bequem auf das Ufer gezogen werden können. Die Strömung ist dabei gehörig zu berücksichtigen, da das Stück selbst, wie auch die benannten Hölzer von dieser jedesmal gefafst werden.

Die sämmtlichen Rollen bleiben hinter dem Stück zurück und fallen unmittelbar neben der Rüstung ins Wasser. Es kommt daher nur darauf an, die Leinen an diejenigen Enden derselben anzubinden und durch Vorstecknägel zu befestigen, die dem Strom zugekehrt sind. Diese Leinen werden an einen Pfahl auf derselben Seite des Ufers festgebunden, und man ist alsdann sicher, dafs alle Rollen unmittelbar am Ufer bleiben. An den Kopf jeder einzelnen Bohle wird gleichfalls eine Leine gebunden. Diese müssen aber so lang sein, dafs das Stück sich etwa um seine doppelte Länge vom Ufer entfernen kann, bevor sie scharf angezogen werden. Auch dürfen diese Leinen nicht zu schwach gewählt werden, weil man oft einen bedeutenden Zug ausüben mufs, um die Bohlen vorzuziehn.

Endlich ist es sehr wichtig, das Forttreiben oder Drehn des schwimmenden Stücks zu verhindern, weil in diesem Fall die

Digitized by Google

Bohlen nicht in ihrer Längenrichtung, sondern seitwärts gezogen werden müfsten, was überaus schwierig ist. Zu diesem Zweck wird in angemessener Entfernung vor der Rüstung und zwar etwas stromaufwärts ein hinreichend schwerer Anker ausgebracht und das Tau desselben auf ein daneben liegendes gehörig bemanntes Boot genommen.

Sind diese Vorbereitungen getroffen, so treten etwa 10 Mann auf das Senkstück, die mit demselben zugleich herabgehn. Die Bewegung erfolgt so sanft, dafs die Leute sich weder niederzusetzen noch zu halten brauchen, sie bleiben vielmehr frei stehn. Demnächst werden auf vorher verabredete Zeichen die Rollen gelöst, und zwar macht man mit der untern den Anfang, indem die beiden betreffenden Knaggen gleichzeitig mittelst hölzerner Hämmer herabgetrieben werden. Hierzu genügt jedesmal ein einziger Schlag. Sind die sämmtlichen Rollen frei, so werden die Köpfe der Bohlen gelöst, indem an jede Bohle, die festgebunden ist, ein Mann mit einem scharfen Messer oder Beil sich stellt, und auf das Zeichen des Aufsehers werden sämmtliche Leinen durchschnitten. Das Senkstück kommt nunmehr in Bewegung und rollt herab. Sobald es aber schwimmt, rudert das Boot, worauf das Ankertau sich befindet, ihm entgegen, und das Tau wird sogleich von den Arbeitern, die sich auf dem Senkstück befinden, gefafst und scharf angeholt, wodurch Letzteres sich in der beabsichtigten Richtung zwischen die Rüstung und den Anker stellt. Gewöhnlich wird beim Ablaufen soviel Geschwindigkeit gewonnen, dafs die Leinen, woran die Bohlen befestigt sind, sich spannen, sollte dieses nicht der Fall sein, so wird das Ankertau an das Senkstück angebunden, und die am Ufer befindlichen Arbeiter fassen die Leinen und ziehn eine Bohle nach der andern hervor.

Auf manchen Baustellen wird auf diese Vorsichtsmaafsregeln keine Rücksicht genommen. Man überläfst das Stück ganz sich selbst, während es abläuft. Es dreht sich alsdann, und nunmehr wird die Beseitigung der Bohlen überaus schwierig. Ich habe mehrfach gesehn, dafs stundenlang an einer Bohle gearbeitet wurde, und man schliefslich doch gezwungen war, sie mit dem Stück zu versenken. Bei dem beschriebenen Verfahren tritt solche Verzögerung nicht ein, vielmehr gehn alle Operationen regelmäfsig

Digitized by Google

von statten, und dieses ist um so wichtiger, als eine grofse Anzahl von Leuten dabei beschäftigt wird, also der Zeitverlust auch in Betreff des Taglohns kostbar ist. Aufserdem werden alle Bohlen und Rollen dabei gesichert und können bequem ans Land gezogen und sogleich wieder verwendet werden.

Wenn es irgend möglich ist, wird man den Transport und die Versenkung des Stücks in solcher Zeit vornehmen, wo die Strömung förderlich, wenigstens nicht hinderlich ist. Das massenhafte Senkstück ist alsdann leicht an die Stelle zu bringen, wo es hinkommen soll. Diese Gelegenheit läfst sich jedoch nicht immer abwarten, und oft tritt auch unerwartet eine entgegengesetzte Strömung ein. Das Bugsiren durch Ruderböte zeigt sich alsdann erfolglos, und auch durch Treideln vom Ufer aus, wo die Wege meist sehr unbequem sind, erreicht man wenig. In solchen Fällen habe ich eine Erdwinde auf das Stück stellen lassen, wodurch dieses, wenn auch langsam, doch sicher an seine Stelle gebracht wurde.

Wenn die Strömung oder der Wellenschlag das sofortige Versenken des Stücks unmöglich macht, so kann man dasselbe ohne Nachtheil mehrere Tage und selbst etwa eine Woche hindurch auf dem Wasser liegen lassen. Indem jedoch das Strauch nach und nach immer mehr durchnäfst wird, so sinkt das Stück auch tiefer ein, und wenn gleich weichere Holzarten an sich stets schwimmen, so verlieren sie doch so sehr an Tragfähigkeit, dafs die beim Transport nothwendige Mannschaft nicht mehr auf das Stück gestellt werden darf. Andre Straucharten versinken von selbst und namentlich ist dieses auch bei Kiefern der Fall, wenn dieselben die Nadeln noch nicht verloren haben. Sind daher Faschinen dieser Art, die im Uebrigen sehr brauchbar und oft am billigsten zu beschaffen sind, in grofser Menge eingebunden, so darf man mit der Versenkung nicht lange zögern. Es ist indessen keineswegs erforderlich, die vollständige Abstillung der See abzuwarten, vielmehr kann der Transport und die Versenkung auch bei einigem Wellenschlag vorgenommen werden, besonders wenn die Mannschaft aus Seeleuten besteht, welche durch das Schwanken der Fahrzeuge nicht an der regelmäfsigen Ausführung der Arbeiten verhindert werden. Aufserdem ist dazu auch die Anwendung guter Böte zum Beischaffen des Senkmaterials er-

Digitized by Google

forderlich, die sowohl leicht und sicher zu regieren, als auch so fest sind, dafs sie bei der Wellenbewegung nicht leiden.

Bei der speciellen Bearbeitung eines Molen-Projects werden schon die Dimensionen der einzelnen dabei zu verwendenden Senkstücke bestimmt und darnach diese in die Grundrisse und Profile eingetragen. Ein jedes derselben erhält sonach die entsprechende Länge und Breite und Höhe und mufs an die bestimmte Stelle verlegt werden. Was die Höhe betrifft, so wird bei dieser nur die Faschinen-Packung gerechnet, nicht aber die obern und untern aus Würsten bestehenden Roste, noch auch die Flechtzäune darüber. Man darf niemals dem Senkstück eine Höhe geben, die mit der Wassertiefe übereinstimmt, denn wenn es auch nicht vollständig eintaucht, so ist seine untere Fläche doch nicht ganz eben, und aus dem darunter liegenden, bereits früher versenkten Stück ragen leicht einzelne Pfähle oder stellenweise das Beschwerungs-Material vor. Man mufs hierauf sehr aufmerksam sein, denn es entsteht die gröfste Verlegenheit, und man ist sogar gezwungen, das Stück theilweise aufzureifsen, wenn es nicht die erforderliche Wassertiefe findet. Auch darf man in Meeren, die keinen starken Fluthwechsel haben, auf höhere Wasserstände nie Rücksicht nehmen, weil solche nicht mit Sicherheit zu erwarten sind. Andrerseits ist es aber auch nicht nöthig, mit der obern Fläche des Senkstücks den Wasserspiegel zu erreichen. Beträgt die Wassertiefe darüber nur noch 3 Fufs, oder bei ruhiger See auch etwas mehr, so kann man mit voller Sicherheit zum gewöhnlichen Packwerks-Bau übergehn, weil mit einer Faschinenlage das Senkstück schon zu erreichen ist, also schwimmende Lagen nicht nöthig sind. Man wirft in diesem Fall aber die Faschinen in der Art aus, wie es in den Niederlanden üblich ist, nämlich mit den Stammenden nach aufsen, wodurch man wie beim Senkstück steile Seitenwände erhält. Nachdem diese Lage mit Würsten benagelt und mit den nöthigen Flechtzäunen versehn ist, wird sie eben so, wie das Senkstück selbst, beschwert.

Die Senkstücke werden wie die Quadern einer Mauer horizontal und im Verbande verlegt. Weite Stofsfugen lassen sich indessen dabei nicht vermeiden, und müssen später mit Steinen ausgefüllt werden. Damit diese Fugen aber nicht zu grofs aus-

Digitized by Google

fallen, so pflegt man vor dasjenige Senkstück, das bereits auf dem Grunde liegt, zwei schwache Pfähle mit der Handramme einzustofsen. An diese lehnt man das neue Stück und befestigt es zugleich landwärts mit Tauen, damit es sicher gehalten wird und sich weder entfernen, noch drehn kann. Aehnliche Bäume stöfst man zuweilen auch an den Seiten des Stücks ein, doch sind diese weniger wirksam, weil sie sich nicht wie jene an ein schon festliegendes Stück anlehnen. Sicherer lässt sich das Stück durch einen schweren Anker halten, der auf der Seite, von wo der Strom kommt, im gehörigen Abstande ausgebracht ist. Das Ankertau wird über ein grofses Boot fort, das in der Nähe des Ankers liegt, durch jenen oben erwähnten Ring am Senkstück gezogen und sein Ende wieder auf das Boot genommen. Nachdem dieses Ende hier scharf angezogen ist, wobei das Senkstück schon seine richtige Stelle einnehmen mufs, so bindet man auf dem Boot die beiden Theile des Taues durch eine umgewundene Leine zusammen. Das Senkstück wird in dieser Weise auch während des Versinkens sicher gehalten, das Tau zieht es sogar noch gegen den Strom, doch wird diese geringe Bewegung schon durch die stärkere Spannung des Taues aufgehoben. Ist das Stück gesunken und hinreichend beschwert, so dafs es vom Strom nicht mehr gefafst werden kann, so löst man jene umgeschlungene Leine und das Tau kann alsdann aus dem Ringe herausgezogen werden.

Aufserdem wird das Senkstück auch noch durch die drei Fahrzeuge gehalten, in denen sich das Beschwerungs-Material befindet, und die theils unter sich verbunden, theils auch so vollständig vor Anker gelegt sind, dafs sie nach keiner Seite ausweichen können. Diese Unterstützung hört indessen auf, sobald das Stück zu sinken anfängt. Wenn man es also nur hierdurch halten wollte, so könnte es, ehe es den Grund erreicht, unter den Fahrzeugen fort noch stark seitwärts treiben.

Die erwähnten drei Fahrzeuge, worin sich das Beschwerungs-Material befindet, legen sich unmittelbar an die drei freien Seiten des Senkstücks, nachdem dieses an seine passende Stelle geflöfst und in der angegebenen Art befestigt ist, aber noch auf dem Wasser schwimmt. Wenn das anschliefsende, früher versenkte Stück so tief liegt, dafs man noch ein beladenes Fahrzeug darüber

Digitized by Google

stellen kann, so ist es vortheilhaft, ein solches auch auf die vierte, oder die Landseite, zu legen. Dagegen ereignet es sich zuweilen, dafs nur zwei Seiten des zu versenkenden Stücks frei sind, und in diesem Fall mufs man sich mit zwei Fahrzeugen begnügen, wodurch das Auswerfen nicht nur verzögert, sondern auch erschwert wird. Sehr wichtig ist die gehörige Verankerung und gegenseitige Befestigung dieser Fahrzeuge, und es kommt dabei darauf an, dafs sie auch ihre Stellung beibehalten, nachdem das Stück, gegen welches sie sich anfangs lehnten, bereits herabgesunken ist. Wenn man diese Forderung unbeachtet läfst, so treiben die Böte seitwärts und es ereignet sich leicht, dafs ein Theil des Beschwerungs-Materials das Senkstück gar nicht trifft und einzelne Stellen desselben unbedeckt bleiben. Jedenfalls ist es immer leichter, das tief unter Wasser liegende Stück in seinem mittleren Theil zu treffen, als am Umfange. Man mufs daher beim Aufbringen des Beschwerungs-Materials dieses zunächst auf den Rand des Stücks werfen, und letztern möglichst vollständig belasten, während das Stück noch schwimmt. Es krümmt sich dabei sehr stark und indem der mittlere Theil noch über Wasser ist, versinken bereits die Ränder. Es darf kaum darauf aufmerksam gemacht werden, dafs das Aufwerfen des Ballastes möglichst gleichmäfsig erfolgen mufs, und sonach ist derjenige Theil des Randes, der am wenigsten sinkt, vorzugsweise zu beschütten. Die Seeleute, an das Ballastwerfen gewöhnt, wobei der Inhalt der Schippe oft durch eine kleine Luke fliegen mufs, sind zu dieser Arbeit sehr geeignet, und ohne dafs der Aufseher sie darauf aufmerksam zu machen braucht, werfen sie das Material mit Ueberlegung und Geschicklichkeit sehr passend aus, sobald sie nur wissen, wie dieses geschehn soll. Ist das Senkstück endlich von der Oberfläche verschwunden, und sinkt es herab, was jedesmal sehr langsam geschieht, so wird auch der mittlere Theil beworfen, und soweit es geschehn kann, auch über diesen der Ballast gleichmäfsig vertheilt. Die vorher bestimmte Quantität des letztern, welche in die Fahrzeuge verladen war, wird jedesmal vollständig verwendet.

Das beschriebene Verfahren, wobei mit der Belastung des Randes der Anfang gemacht wird, habe ich stets gewählt und es ist auch mehrfach anderweitig angewendet und passend befunden.

Digitized by Google

Zuweilen zieht man indessen das entgegengesetzte vor, indem man zuerst die Mitte des Senkstücks beschwert. Man beabsichtigt dabei, die untere Fläche nicht concav, sondern convex zu krümmen, indem man meint, dafs dadurch das Sinken beschleunigt, also die während desselben zu erwartenden seitlichen Bewegungen in gewissem Grade vermindert werden. Diese Auffassung ist indessen wohl nicht gerechtfertigt, da die Krümmung niemals so bedeutend ist, dafs sie auf die Bewegung einen merklichen Einfluſs ausüben könnte, wogegen die Ränder sich nicht mehr sicher beschütten lassen, wenn das Stück bereits versinkt, und der alsdann eintretende Verlust des Ballastes nicht nur einen unnöthigen Kostenaufwand veranlafst, sondern möglicher Weise auch die Gefahr herbeiführt, dafs die Ränder des Stücks nicht hinreichend beschwert sind und sonach vom Strom oder Wellenschlag zerrissen werden.

In den Niederlanden wendet man beim Versenken noch eine andre Vorsicht an, deren sowohl Woltman und Schulz, als auch Storm Buysing*) erwähnen. Man versieht nämlich das Stück rings umher mit starken geflochtenen Ringen, die nicht nur an den obern, sondern mittelst doppelter Leinen auch an den untern Rost gebunden sind. Hinreichend starke Fangtaue werden von den Ballastfahrzeugen aus durch diese gezogen und die Enden wieder aufgenommen und so befestigt, dafs sie sich leicht lösen lassen. Das Stück schwimmt also nicht nur, sondern hängt auch an den Fahrzeugen. Nachdem man es stark beschwert hat, und zwar vorzugsweise in der Mitte, so neigen sich die Fahrzeuge zur Seite, und geschieht dieses in solchem Grade, dafs man das Reifsen der Leinen oder das Kentern der Schiffe besorgen mufs, so werden auf ein gegebenes Zeichen gleichzeitig alle Leinen gelöst, dabei aber möglichst grofse Ballastmassen noch schnell hinaufgeworfen. Man beabsichtigt dabei, das Herabsinken, soweit es geschehn kann, zu beschleunigen, und dadurch die Seitenbewegung auf das geringste Maafs zu beschränken. Es dürfte indessen wohl zweifelhaft sein, ob dieser Zweck hierdurch wirklich zu erreichen ist. Die gröfste Gefahr besteht immer darin, dafs das Stück eine geneigte Lage annimmt, weil es als-

*) Bouwkundige Leercursus. II. Theil. Breda 1854. S. 545.

Digitized by Google

dann nicht mehr lothrecht herabsinkt, sondern seine Bewegung bei dem starken Widerstande des Wassers mehr oder weniger in der Richtung seiner stärksten Neigung erfolgt. Das Ueberneigen nach einer Seite kann aber bei dieser Art der Versenkung besonders leicht dadurch veranlafst werden, dafs man die Leinen nicht gleichzeitig löst, was sich in aller Schärfe niemals erreichen läfst. Aufserdem kann man leicht erkennen, ob auf ein frei schwimmendes Stück die Belastung gleichmäfsig aufgebracht ist, hängt es dagegen an den Leinen, so weifs man nicht, welche Seite am wenigsten beschwert ist und daher vorzugsweise noch beworfen werden mufs. Ohne Zweifel ist das oben bezeichnete Verfahren, wonach das Stück durch einen schweren Anker gegen den Strom gehalten, oder zwischen leichten Pfählen herabgelassen wird, das sicherste.

Bei dem bereits erwähnten Senkstück-Bau auf Zeeland wurden die Stücke gleichfalls durch einen Anker gegen das Vortreiben durch die Strömung gesichert. Das Ankertau war um jene Verbindung von Faschinenpfählen gelegt, und umfafste diese mit einer weit geöffneten Schleife, die man durch ein dazwischen gestecktes Holz noch mehr erweiterte, damit sie beim spätern Lichten des Ankers sicher abgehoben werden konnte. Letzteres geschah aber nicht sogleich nach dem Versenken, sondern erst nachdem drei Fluthen darüber gegangen waren. Der Anker wurde aber mittelst der Buoye gehoben, deren Tau ihn zwischen den Armen fafste.

Man darf nicht erwarten, dafs die Versenkung ganz regelmäfsig und so genau geschieht, wie man etwa einen Quaderstein neben den andern versetzt. Grofse und ungleichmäfsige Stofsfugen bleiben in tiefem Wasser jedesmal, man mufs sich aber durch sorgfältige Peilung von der Lage und Ausdehnung derselben überzeugen, und bevor das folgende Senkstück darüber gebracht wird, sie durch schweres Senkmaterial füllen. Aufserdem kann man auch die Lage der Stücke, selbst bei grofser Tiefe, annähernd noch dadurch erkennen, dafs man durch Ringe auf den vier Ecken leichte Leinen zieht, die beiden Enden einer jeden derselben auf ein Boot nimmt und sie nach dem Versenken des Stücks scharf anholt. Man wird dadurch wenigstens ermitteln können, ob das Stück sehr weit abgetrieben ist. Für die

Digitized by Google

Ausführungen auf Zeeland war zu diesem Zweck die Vorschrift erlassen, es sollten in Abständen von 100 Fuſs an die äuſsern Ränder der Senkstücke leichte Buoyen gebunden werden, durch welche man, wenn die Leinen lothrecht angezogen werden, sich versichern konnte, daſs der Bau in der vorgeschriebenen Richtung ausgeführt sei.

Die Wahl des Senkmaterials hängt vorzugsweise von dem Preise desselben ab. Am wenigsten dürfte sich der Marschboden dazu eignen, weil er sich im Wasser sehr fein zertheilt und von der schwächsten Strömung fortgetrieben wird, nichts desto weniger findet er in den Niederlanden am häufigsten Anwendung, weil andres Material nur mit übermäſsigen Kosten zu beschaffen ist. Wenn der Bau indessen vollendet ist, und ein Senkstück das andre vollständig überdeckt, indem die Seitendossirungen steil gehalten werden, und die Krone endlich mit groſsen Steinen belastet wird, so ist ein Ausspülen im Innern kaum noch zu besorgen. Bauschutt und Ziegelgrus wird in den Niederlanden als vorzüglich brauchbar betrachtet, während bei unsern Hafenbauten meist nur eine Steinbeschwerung gestattet, und gewöhnlich die Bedingung gestellt wurde, daſs die Steine mindestens 3 Zoll im Durchmesser halten sollten. Nur ausnahmsweise wurde die Verwendung von grobem Kies, den die Schiffe als Ballast von London brachten (Shingles) genehmigt. Ohne Zweifel wird hierdurch die Sicherheit erreicht, daſs das Senkmaterial, bevor das Stück durch andre Stücke oder durch schwere Steine überdeckt ist, nicht durch Wellenschlag und Strömung fortgespült werden kann, aber die Baukosten steigern sich durch diese Vorsicht ungemein. Die Gefahr bei Anwendung feineren Materials ist aber keineswegs so groſs, wie man gewöhnlich annimmt. Dasselbe dringt nämlich in die Zwischenräume zwischen die Reiser ein, und wird dadurch dem Angriff der Strömung entzogen. Augenscheinlich ist in dieser Beziehung der rein ausgewaschne Seesand der Marscherde oder dem Thon weit vorzuziehn, da letzterer Klumpen bildet, die auf der Oberfläche liegen bleiben. Dazu kommt aber noch, daſs in passender Jahreszeit und bei gehöriger Leitung des Baues die Senkstücke mit dem aufgebrachten Material nicht lange der unmittelbaren Einwirkung des bewegten Wassers ausgesetzt

Digitized by Google

bleiben, vielmehr nach kurzer Zwischenzeit andre Stücke darüber verlegt werden, woher nur der äufsere Rand, der die Dossirung bildet, durch aufgebrachte Steine geschützt werden mufs. Beim Beginn des Baues der Südermole vor Pillau stellten sich die Kosten für das Steinmaterial übermäfsig hoch, und der englische Ballast, den man erwartet hatte, ging nicht ein. Da versuchte ich, Dünensand zu verwenden, und obwohl eine grofse Anzahl Senkstücke damit versenkt wurden, so trat dabei doch niemals ein Umstand ein, der Besorgnifs erregt hätte*). Nur zur Beschwerung der vortretenden Ränder und derjenigen Stücke, die während des Winters nicht geschützt werden konnten, wurde Steinmaterial benutzt. Es zeigte sich aber die Anwendung des Sandes sogar als vortheilhaft, weil derselbe nicht auf der Oberfläche liegen blieb, sondern die Zwischenräume der Reiser anfüllte, wodurch die Compression geringer wurde, als wenn Steinmaterial benutzt wäre.

Die Quantität des Senkmaterials dürfte eigentlich nur so grofs sein, dafs sie das Aufschwimmen des Stücks verhindert. Es kommt demnach darauf an, das specifische Gewicht der Packung, also das specifische Gewicht der Reiser und das Verhältnifs derselben zu den leeren Räumen zu bestimmen. Der Niederländische Ingenieur Caland hat hierüber Untersuchungen angestellt, die jedoch bei der Verschiedenheit des Strauchs und bei dessen gröfserer oder minderer Trockenheit kein allgemein gültiges Resultat geben können. Es wäre nur zu erwähnen, dafs er den hohlen Raum gleich 7 Zehntheilen des ganzen Volums fand, indem die Reiser nur 3 Zehntheile füllten. Derselbe empfiehlt dem zum Versenken hiernach erforderlichen Material noch die Hälfte zuzusetzen und zwar ein Viertel als Verlust beim Aufwerfen und ein zweites Viertel der Sicherheit wegen. Bei uns pflegte man auf 1 Cubikruthe Senkstück in dem Zustande, wie dasselbe nach dem Festbinden der Luntleinen comprimirt ist (wobei jedoch die Würste von der Höhe abgezogen werden),

*) Der im November 1863 erfolgte Durchbruch, von dem § 52 die Rede war, geschah nicht an dieser Stelle, sondern nahe 100 Ruthen weiter westwärts, also in einer Molenstrecke, die erst nach meinem Abgange von Pillau erbaut war.

Digitized by Google

oder auf 8 Schock gewöhnlicher Faschinen, 6 Schachtruthen oder eine halbe Cubikruthe Senkmaterial zu rechnen. Man nahm aber an, dafs nach dem Aufbringen der Steine, welche die Krone bilden, das Stück die halbe Höhe verliert, es also mit Einschlufs des Senkmaterials wieder seine ursprüngliche Höhe erreicht und diese auch dauernd beibehält. Die letzte Annahme bestätigt sich indessen nicht, wenn man die spätern Sackungen berücksichtigt, und es scheint, dafs die Faschinen nach ihrer schliefslichen Compression so wenig Volum behalten, dafs man selbst bei hohen Steinpreisen ohne Mehrkosten statt ihrer auch Steine hätte beschaffen können. Dabei würden noch die Reparaturen umgangen, welche die spätern Sackungen wiederholentlich nöthig machen.

Ein Umstand, auf welchen man beim Senkstückbau besondere Aufmerksamkeit verwenden mufs, ist, wie bereits erwähnt, die Wassertiefe. Das Stück darf während des Transports und indem es an die dafür bestimmte Stelle geflöfst und genau eingerichtet wird, nirgend den Grund oder das darunter befindliche Senkstück berühren. Schon an sich ist es wenig beweglich, alle mechanischen Mittel, die auf den Baustellen vorhanden sind, pflegen sich aber als erfolglos zu erweisen, wenn es sich auf irgend einen Gegenstand aufgesetzt hat. Es bleibt alsdann nur übrig, die Zäune zu entfernen, den obern Rost zu lösen und durch Beseitigung einer oder mehrerer Faschinenlagen die Höhe des Stücks zu vermindern. Man mufs daher dafür sorgen, dafs die Wassertiefe mindestens um $1^1/_2$ Fufs gröfser ist, als das Stück eintaucht. Dieser Umstand ist an Orten, wo ein merklicher Fluthwechsel statt findet, besonders von Bedeutung. Das Versenken kann nämlich nur in der kurzen Zwischenzeit erfolgen, wenn die Strömung aufhört, also beim höchsten oder niedrigsten Wasserstande. Der letztere eignet sich zwar insofern vorzugsweise, als die Watte oder Sandflächen alsdann den Wellenschlag mäfsigen oder ganz aufheben, dagegen bleibt zuweilen auf der Baustelle nicht die erforderliche Wassertiefe, und in diesem Fall mufs das Stück beim höchsten Wasser versenkt und jede Verzögerung vermieden werden, welche das Aufsetzen veranlassen würde.

Bei den Bauten an der Ostsee, wo der Wasserstand sich nur in Folge der Richtung und Stärke des Windes verändert, ist allein für die obersten Senkstücke diese Berücksichtigung der Tiefe

Digitized by Google

erforderlich. Es ist jedoch, wie bereits erwähnt, ganz entbehrlich, die Stücke so hoch zu machen, dafs sie nach dem Versenken den Wasserspiegel erreichen oder nur wenig darunter bleiben. Bei der zu erwartenden starken Compression empfiehlt es sich aber, die Packung einige Fufs hoch über Wasser fortzusetzen, wenigstens rechtfertigt sich dieses, wenn man von der Ansicht ausgeht, dafs Faschinen wohlfeiler als Steine sind. Man pflegt diesen Packwerkslagen keine Seitenböschungen zu geben, weil auf diesen die Steine nicht sicher liegen würden, vielmehr werden die Stammenden der Faschinen alsdann nach aufsen gekehrt.

Aus den bisherigen Mittheilungen ergiebt sich, in welcher Weise die Senkstücke neben und über einander verlegt werden, um den Kern einer Mole zu bilden. Das Fig. 171 auf Taf. XXXIV. dargestellte Profil der Swinemünder östlichen Mole läfst dieses gleichfalls erkennen. Es wäre dabei nur zu bemerken, dafs wenn die untern Schichten so breit sind, dafs zwei oder drei Stücke neben einander gelegt werden müssen, auch diese zu versetzen sind, um zu verhindern, dafs die Querfugen nicht zusammentreffen. Aufserdem pflegt man noch dafür zu sorgen, dafs jede Schicht möglichst horizontal liegt. Wenn daher die Wassertiefe zunimmt, so giebt man den untern Stücken in ihrer ganzen Länge oder an einer Seite eine gröfsere Höhe, oder man beginnt eine neue untere Schicht. Durch diese Vorsicht läfst sich jedoch keineswegs eine grofse Regelmäfsigkeit erreichen, und solche ist in der That auch entbehrlich, da die biegsamen Senkstücke sich allen Unebenheiten des Grundes anschliefsen, und wenn nur für gehörige Ausfüllung der Stofsfugen gesorgt wird, keine hohlen Räume dazwischen bleiben. Das Herabgleiten eines Senkstücks ist aber selbst bei starker Neigung des Bodens nicht denkbar, wenn nicht etwa ein weicher Thon die Unterlage bildet.

Um die Faschinen sowohl in den Senkstücken, wie in dem darüber aufgebrachten Packwerk zu sichern, müssen sie ringsumher mit Steinschüttung umgeben werden. Aufserdem dürfen sie sich aber auch nicht bis über Wasser erheben, weil sie in diesem Fall verrotten würden. In der letzten Beziehung darf man wenig vorsichtig sein, da die Compression und sonach das Herabsinken der Faschinen, sobald die schwere Steinbelastung darüber aufgebracht wird, in viel höherm Grade eintritt, als man erwartet hatte.

Digitized by Google

Die beiderseitigen Dossirungen über Wasser mit der Krone pflegt man abzupflastern, unter Wasser dagegen kann man nur die rohe Steinschüttung darstellen. Dafs hier wie dort die Steine keineswegs fest liegen, sondern von den Wellen vielfach bewegt und fortgetrieben werden, ist bereits ausführlich erörtert, das Pflaster leidet indessen vorzugsweise dadurch, dafs sein Fufs nicht hinreichend gesichert ist. Die vergeblichen Versuche, die man in dieser Beziehung in Swinemünde gemacht hat, sind § 62 mitgetheilt. Am vortheilhaftesten ist eine Umschliefsung mit Pfählen in der Höhe des mittlern Wasserstands, wenigstens sind die Zerstörungen an solchen Molen, wo man diese Pfahlreihen angewendet hat, im Allgemeinen weniger erheblich. Die Caisson-Pfähle (vergl. § 21) sind gewöhnlich 6 bis 8 Fufs lang, 6 Zoll stark und bestehn gemeinhin aus geschnittenem Eichenholz. Man stellt sie 18 Zoll bis 2 Fufs von Mitte zu Mitte aus einander und rammt sie nahe am Rande der obern Senkstücke oder des Packwerks mit einer leichten Zugramme ein, so dafs sie sich etwa 2 Fufs über die ursprüngliche Krone erheben. Beim spätern Nachsinken sollen ihre Köpfe den mittlern Wasserspiegel erreichen. Sie bilden gleich Anfangs eine ziemlich sichere Umschliefsung des obern Theils des Baues, wozwischen sogleich Steine zur Belastung des Werks aufgebracht werden.

Das Steinquantum ist von dem gewählten Profil der Mole abhängig. Die Krone, die bei unsern Hafendämmen sehr verschiedene Breite hat, erhebt sich etwa 6 Fufs über Mittelwasser. Gewöhnlich hat sie seeseitig eine dreifache, und hafenseitig eine zweifache Anlage. Dieselben Dossirungen setzen sich auch unter Wasser fort. Um die Compression möglichst zu beschleunigen und um spätere Nachsackungen zu verhindern, pflegt man nicht nur diejenige Steinmasse zwischen beide Reihen der Caisson-Pfähle zu bringen, welche den über Wasser befindlichen Theil der Mole bilden, sondern auch diejenigen, welche die beiderseitigen Dossirungen unter Wasser überdecken sollen. Letztere müssen so grofs sein, dafs sie dem Wellenschlag den nöthigen Widerstand leisten.

Diese hoch und steil aufgepackte Steinmasse läfst man mindestens während eines Winters auf dem Damm liegen, um diesen möglichst zu comprimiren, und auffallend ist die Erfahrung, die man bereits in Swinemünde gemacht hatte, und die sich auch in

Digitized by Google

Pillau wiederholte, dafs selbst bei heftigen Stürmen keiner von diesen Steinen durch die Wellen herausgestofsen, noch überhaupt in Bewegung gesetzt wurde. Es zeigte sich sonach bei dieser provisorischen Anordnung schon auffallend die grofse Widerstandsfähigkeit der sehr steilen und nahe senkrechten Dämme.

Beim Beginn der günstigen Jahreszeit geht man zur schliefslichen Regulirung des Baues über, die sämmtlichen aufgebrachten Steine werden abgehoben, die Faschinenlagen, wenn sie unter Wasser herabgesunken sind, überhöht und mit Steinen überdeckt, worauf die Abpflasterung der Krone und der Dossirungen über Wasser erfolgt. Das Pflaster lehnt sich gegen die Caisson-Pfähle, die, wenn es nöthig sein sollte, noch nachgerammt werden. Diejenigen grofsen Steine, welche unregelmäfsig geformt sind, sich also zur Abpflasterung nicht eignen, werden zur Bedeckung der Dossirungen unter Wasser verwendet. Dafs man bei Darstellung des Pflasters vorzugsweise für sichere und gut schliefsende Lager zu sorgen hat, und dafs das Verzwicken der Steine ganz zwecklos ist, wurde bereits § 62 nachgewiesen.

In Betreff der Sicherung des Pflasters mufs hier noch erwähnt werden, dafs die östliche Mole von Swinemünde bei dem überaus heftigen Nord-Nord-Ost-Sturm am 6. November 1864 übermäfsige Beschädigungen erlitt, indem nicht nur die grofsen Steine, welche die seeseitige Dossirung bildeten, theils über die Krone geschleudert und theils längs der Dossirung fortgetrieben und stellenweise in hohen Haufen abgelagert wurden, sondern aufserdem war die Krone auf lange Strecken bis nahe auf das mittlere Wasser aufgebrochen. Auffallend war es aber, dafs die seeseitige Dossirung über Wasser sich grofsentheils unversehrt erhalten hatte. Ohne Zweifel war auf diesen Theil des Damms, der sonst den stärksten Beschädigungen ausgesetzt ist, die gröfste Sorgfalt in der Unterhaltung verwendet, aber aufserdem hatte auch das Vergiefsen der Fugen mit Mörtel gewifs wesentlich dazu beigetragen. Man konnte deutlich bemerken, dafs, wo die Fugen offen geblieben und der Kalk in denselben sich nicht erkennen liefs, die Zerstörung begonnen hatte.

Die sehr grofsen Beschädigungen, welche an unsern Hafendämmen bei den ungewöhnlichen Stürmen im November 1863 und im December 1864 eingetreten sind, haben endlich das bis-

Digitized by Google

herige unbegrenzte Vertrauen zu der in Rede stehenden Constructionsart erschüttert und seitdem ist an der Preufsischen Ostsee-Küste kein Molenbau mit Senkstücken zur Ausführung gekommen.

Nichts desto weniger ist in neuster Zeit diese Bauart in den vereinigten Staaten Nordamerika's wieder bei den Dämmen zur Verbesserung der Mündung des Mississippi gewählt worden, und zwar in einer bisher noch nicht erreichten Ausdehnung, da die beiderseitigen Dämme an der Mündung des South-Pafs zusammen über drei Viertel deutsche Meilen lang sind, wozu noch die beiden Schwellen von je 3000 Fufs Länge kommen, die man durch die beiden Nebenarme des Mississippi gelegt hat.

Der Unternehmer dieser Bauten, Capitän James B. Eads hatte sich auf einer Reise nach Europa, und wie es scheint, vorzugsweise nach Deutschland, mit dem Senkstückbau bekannt gemacht und sich überzeugt, dafs derselbe nicht nur in der kürzesten Zeit, sondern unter dortigen Verhältnissen auch mit den geringsten Kosten auszuführen sei. Er führte dabei einige Aenderungen ein, die man wohl nicht Verbesserungen nennen darf, die aber wahrscheinlich durch locale Verhältnisse veranlafst waren. Die Regierung ertheilte ihm auch ein Patent auf die Ausführung solcher Senkstücke, die er Matratzen nannte.

Die erste Aenderung bestand darin, dafs statt der Würste zur Darstellung des untern und obern Rostes starke Latten gewählt wurden. Obwohl Weidenstrauch reichlich vorhanden war, woraus man die Würste hätte binden können, so fehlte es wohl an den nöthigen Arbeitskräften, um diese schnell genug in der erforderlichen Menge darzustellen, auch würden sie bei dem dortigen hohen Tagelohn wahrscheinlich viel theurer, als die in Sägemühlen geschnittenen Latten gewesen sein. Weniger erklärt sich aus den mir bekannt gewordenen Mittheilungen die zweite Aenderung, nämlich die Benutzung hölzerner Stäbe statt der Luntleinen zur Verbindung der beiderseitigen Latten. Diese Stäbe wurden mit Zapfen versehn, welche den in die Latten gebohrten Löchern entsprachen und nachdem sie darin eingetrieben waren, verkeilt. Die Faschinenpackung wurde also mit einer steifen Einfassung umgeben, die freilich überaus schwach war und bei den Biegungen des Stücks während des Ablaufens von der Rüstung und beim Aufsetzen auf den Grund oder auf die schon darunter

Digitized by Google

befindlichen Lagen leicht zerbrach und jede Form-Veränderung gestattete. Wenn indessen hierdurch keine wesentlichen Uebelstände veranlafst wurden, so ergiebt sich, dafs eine besondere Vorsicht zur möglichst sichern Verbindung der Senkstücke überhaupt entbehrlich ist. Dabei darf freilich der Umstand nicht unbeachtet bleiben, dafs diese Senkstücke während des Transports und wahrscheinlich auch während des Versenkens keinem erheblichen Wellenschlag ausgesetzt waren.

Die Zusammensetzung und fernere Behandlung der Senkstücke geschah in folgender Weise: *) An den Ufern des Stroms wurden zunächst auf eingerammten Pfählen die Rüstungen von 40 Fufs Breite und von 100 Fufs Länge erbaut, die mit Bohlen bedeckt und im Verhältnifs von 1 zu 10 gegen den Strom geneigt waren.

Die Latten, 25 bis 45 Fufs lang, waren 6 Zoll hoch und $2^1/_2$ Zoll stark. Wenn ihre Längen nicht ausreichten, wurden sie durch aufgenagelte Laschen verbunden und dadurch theils mit der Länge und theils mit der Breite des zu erbauenden Senkstücks in Uebereinstimmung gebracht. Auf die Rüstung wurden die herbei gefahrnen Latten nur nach der Länge verlegt. Hier bohrte man in jede Latte in Abständen von je 5 Fufs und zwar in ihre schmalen Seiten Löcher von $1^1/_8$ Zoll Weite ein, schob in dieselben die Zapfen von Nufsbaum-Zweigen (Hickory), die darin verkeilt und glatt abgeschnitten wurden. Alsdann stellte man die Latten in Abständen von $4^1/_2$ Fufs hochkantig auf, wodurch diese Zweige aufwärts gerichtet wurden.

Nunmehr wurde das Weidenstrauch, das, wie es scheint, nicht in Faschinen verbunden war, etwa 6 Zoll hoch quer über die Latten gepackt und zwar so, dafs zu beiden Seiten die Stammenden möglichst gleichmäfsig vortraten. Die nächste in gleicher Weise ausgeführte Lage kreuzte die erste, und so fort bis zur obersten, in welcher das Strauch wieder die Richtung der untern Latten hatte. Die Hickory-Zweige traten über die Packung vor, es wurden Zapfen darin angeschnitten und in passende Löcher in die Latten geschoben und verkeilt. Die Enden der an den

*) E. L. Cortell, the South-Pass Jetty Works. Im Scientific American Supplement vom 20. Mai 1876.

Digitized by Google

Rändern, und zwar nächst den Langseiten des Stücks bestehenden Zweige wurden aber noch nicht verkeilt, sondern dieses geschah erst, nachdem sie noch durch Längslatten geschoben waren. Die letzten beiden Latten waren also mit den untern parallel gerichtet. Es ist noch die Rede davon, dafs vor dem Aufbringen der obern Latten das Strauch durch Hebel comprimirt worden sei.

Zum Transport der in dieser Weise zusammengesetzten Stücke wurden an die untern Latten gewisse Schlingen befestigt, in welche Taue eingezogen werden konnten. An letztern zog man die Stücke von den Rüstungen herab und flöfste sie an die Stellen, wo sie versenkt werden sollten. Dieser Transport verursachte auch hier bei ungünstiger Witterung und bei starker Strömung grofse Schwierigkeiten. Dafs nicht sämmtliche Stücke genau an die dafür bestimmten Stellen gekommen sind, ist bereits erwähnt.

§ 68.

Bétonblöcke.

Der Druck oder Stofs, den die Welle gegen einen Stein ausübt, ist der Ausdehnung der getroffenen Fläche, also im Allgemeinen dem Quadrat des Durchmessers, der Widerstand dagegen, den der Stein leistet, seinem Gewicht oder der dritten Potenz des Durchmessers proportional. Hieraus ergiebt sich, wie wichtig es ist, dem unmittelbaren Angriff der See recht grofse Steine entgegenzusetzen. Schon § 6 wurde mitgetheilt, dafs Blöcke von 50 Cubikfufs Inhalt selbst in der Ostsee noch keineswegs den nöthigen Widerstand leisten, vielmehr bei heftigem Seegang fortgeschleudert werden, während nach den Erfahrungen an andern Küsten sogar Steine von 1000 Fufs Inhalt in gleicher Weise ein Spiel der Wellen sind.

Die Herbeischaffung grofser natürlicher Steinblöcke ist aber überaus schwierig und kostbar, wenn nicht vielleicht ein Bruch, der solche liefert, in der Nähe sich befindet, und selbst in diesem Fall verursacht der Transport bedeutende Kosten, von der Anfuhr solcher schweren Massen aus weiterer Entfernung mufs aber ganz abgesehn werden. Dazu kommt noch, dafs man keineswegs jede

Digitized by Google

Steinart zu diesem Zweck verwenden darf, vielmehr nur solche brauchbar sind, die hinreichende Festigkeit besitzen und vom Seewasser nicht angegriffen werden.

Diese Schwierigkeiten verschwinden grofsentheils, wenn man die Steine künstlich zusammensetzt. Man kann ihnen alsdann nicht nur jede beliebige Gröfse und Form geben, sondern sie auch entweder an derselben Stelle fabriciren, wo sie verwendet werden sollen, oder doch an solchen Punkten, von wo sie auf Fahrzeugen oder in andrer Weise leicht fortzubringen sind. Man ist zuweilen auch insofern zur Anfertigung künstlicher Blöcke gezwungen, als überhaupt kein brauchbares Steinmaterial zu haben ist. Aus diesen Gründen mufste man bei Erbauung des Piers von Dover (§ 60) die meisten Quadern aus Béton bilden. In England hat man indessen erst in neuster Zeit solche Blöcke der unmittelbaren Einwirkung des Seewassers ausgesetzt, weil man ihre Dauerhaftigkeit nicht als erwiesen ansah. In Frankreich dagegen ist diese Besorgnifs schon lange geschwunden, und vieljährige Erfahrungen sprechen bereits dafür, dafs dieselbe sowohl am Atlantischen Ocean, als auch an den Küsten des Mittelländischen Meeres, wo das Seewasser noch stärkeren Salzgehalt hat, sich nicht begründet.

Beim Ausbau des Hafens von Algier fanden die grofsen künstlichen Steinblöcke die erste Anwendung*). Unmittelbar neben der Stadt erstreckt sich das Ufer nahe von Norden nach Süden, und in geringer Entfernung liegt eine kleine Insel davor. Letztere war in früherer Zeit von den Spaniern befestigt, und nachdem Khaïr-el-din sie erobert hatte, verband er sie im Jahre 1530, um ihren Besitz sich zu sichern, durch einen aus Steinen angeschütteten Damm von 46 Ruthen Länge, mit der Stadt. Dabei bildete sich auf der Südseite ein kleiner Hafen, in welchem die Schiffe gegen die heftigsten, nämlich die nördlichen Winde gesichert waren. Um den Hafen weiter auszudehnen, und um ihm zugleich einigen Schutz gegen östliche Winde zu geben, wurde von der Südspitze der Insel später noch in südwestlicher Richtung ein 33 Ruthen langer Damm ausgeführt, und diesem

*) Mémoire sur les travaux à la mer par Poirel. Paris 1841. Eine kurze Mittheilung darüber war bereits 1838 in den Annales des ponts et chaussées gleichfalls von Poirel gegeben.

Digitized by Google

gegenüber trat vom Ufer aus noch ein dritter Damm etwa 18 Ruthen weit vor. Die Beschädigungen an den beiden ersten Werken waren indessen übermäfsig stark, und wiederholten sich bei jedem Sturm, indem alsdann die losen Steine entweder über die Krone fort in den Hafen, oder längs der äufsern Dossirung fortgetrieben wurden. Man kannte kein andres Mittel, diesen Zerstörungen zu begegnen, als dafs man aus den Steinbrüchen auf der westlichen Seite von Algier immer neue Massen auf den schlechten Landwegen herbeiführte, und dadurch die Dämme wieder ergänzte. Bei zunehmendem Verkehr wurden auf diesen Dämmen, die mit der Zeit eine grofse Breite angenommen hatten, Magazine erbaut.

In solchem Zustand befand sich der Hafen, als er von den Franzosen erobert wurde. Seine Ausdehnung maafs etwa 15 Morgen, und es konnten darin gegen 60 Schiffe von 10 bis 12 Fufs Tiefgang liegen. Nur in der Nähe der Mündung betrug die Tiefe 15 Fufs. Die auf den beiden ersten Dämmen befindlichen Magazine wurden sogleich von der Regierung für Zwecke der Marine in Besitz genommen, aber es war dabei nothwendig, sie gegen den Andrang der See zu sichern. Der Ingenieur Noël aus Toulon erbaute auf dem ersten Damm, oder demjenigen, der die Insel mit der Stadt verband, eine starke Schutzmauer, die sich 16 Fufs über den Spiegel des Meers erhob. Hierdurch war freilich dem Uebertritt der Steine in den Hafen und zunächst auch der Beschädigung der Gebäude vorgebeugt, aber keineswegs eine vollständige Sicherheit erreicht, denn die Steine bewegten sich bei Stürmen und namentlich, wenn die Wellen schräge aufliefen, noch in westlicher Richtung, und nach kurzer Zeit überzeugte man sich, dafs zur Sicherstellung der Mauer dem Forttreiben der Steine Einhalt gethan werden müsse.

Nunmehr wurde der Ingenieur Poirel zugezogen. Derselbe meinte, dafs die Steine der Decklage wenigstens 10 Cubikmeter oder 323 Cubikfufs halten müfsten, wenn sie dem überaus heftigen Wellenschlage bei nördlichen Stürmen Widerstand leisten sollten. Solche Massen aus den Steinbrüchen zu beziehn, war aber unmöglich, denn wenn sie auch dort gewonnen werden konnten, so fehlte es an den erforderlichen Verladungsstellen am Ufer. Die Felsen traten nämlich so weit vor, dafs kein Fahrzeug

Digitized by Google

mit einiger Sicherheit anlegen konnte, um diese Blöcke aufzunehmen.

In dieser Verlegenheit entschlofs sich Poirel, die Blöcke künstlich darzustellen und zur Vermeidung des schwierigen Transports sie an Ort und Stelle zu formen. Dadurch war die Gelegenheit geboten, diesen Massen jede beliebige Ausdehnung zu geben. Dafs die erforderliche Festigkeit und Dauerhaftigkeit auf diesem Wege erreichbar sei, dafür sprachen schon manche Erfahrungen in den alten Italienischen Häfen. Der Sicherheit wegen entschied er sich aber dafür, das dort benutzte Material auch hier zur Anwendung zu bringen. Die Puozzolane wurde nach Vitruv's Mittheilung schon in frühster Zeit bei Hafenbauten verwendet. Reste von solchen sind noch vorhanden und zeigen, dafs mit Puozzolanmörtel ausgeführtes Mauerwerk sich unter dem Seewasser eben so gut, wie festes natürliches Gestein erhält. Brauchbaren Kalk, so wie auch harte und zur Bétonbereitung geeignete Steine lieferte die Umgebung von Algier.

1833 wurde der Bau begonnen, derselbe sollte zunächst nur die erwähnte Mauer sichern, und dieses geschah durch Bétonblöcke, die man vor der Mauer selbst ausführte. In der Tiefe von etwa 10 Fufs stellte man grofse, mehr als 30 Fufs lange, kastenförmige und fest verbundene Rüstungen auf, die über den Wasserspiegel hinaufreichten. Dieselben wurden durch angehängte Steinkasten gegen das Aufschwimmen gesichert. Sie waren mit keinem Boden versehn und ihre Wände schlossen sich, soweit es geschehn konnte, der Steinschüttung an. Dazwischen blieben indessen so weite Fugen, dafs ein grofser Theil des eingebrachten Bétons ohnfehlbar ausgespült worden wäre, wenn man die Wände nicht gedichtet hätte. Dieses geschah mittelst eines passend geformten grofsen Sackes von getheerter Leinwand, der so reichlich bemessen war, dafs er nicht nur den Boden des von der Rüstung umschlofsnen Raums überdeckte, sondern noch um einige Fufs höher und so weit war, dafs er der unregelmäfsigen Oberfläche der Steinschüttung sich vollständig anschlofs. Bewegliche Eisenbahnen über der Rüstung gestatteten, den Béton an allen Stellen gleichmäfsig zu versenken. Die Kasten, in welchen der Béton herabgelassen wurde, hatten einen dreiseitigen Querschnitt, und beide Seiten konnten zurückgeschlagen werden. Hierdurch wurde

Digitized by Google

es möglich, den Béton unmittelbar über der Stelle, wo er hinkommen sollte, ausfliefsen zu lassen, so dafs er nur wenig mit dem Wasser in Berührung kam. Die auf solche Art geformten Blöcke hielten 150 bis 200 Cubikmeter, also 4850 bis 6470 Cubikfufs. Der dabei verwendete Mörtel bestand aus 1 Theil Kalk und 2 Theilen Puozzolane. Nach dem Erhärten der Masse wurde die Rüstung abgenommen, die Leinwand konnte natürlich nicht beseitigt werden, sie war aber jedenfalls unschädlich. Der Raum hinter diesen Blöcken, die etwa 2 Fufs von einander entfernt standen, wurde mit Steinschrott ausgefüllt und überpflastert, während man eine Unterspülung dadurch verhinderte, dafs man kleinere Blöcke, die auf dem Ufer dargestellt waren, darüber fort auf die Steinschüttung unter Wasser verstürzte.

Diese letzten Blöcke, auf dem vorher geebneten Boden in Kasten geformt, deren Wände sich leicht lösen liefsen, hielten 12 bis 50 Cubikmeter oder 390 bis 1600 Cubikfufs. Indem sie vor dem Versenken gehörig erhärtet waren, also ein besonders schnelles Binden des Mörtels nicht erforderlich war, so versetzte man dabei die Puozzolane mit Sand, so dafs auf 1 Theil der ersten, 2 Theile des letztern kamen. Nach zwanzig Jahren untersuchte Ravier diese Blöcke mittelst des Scaphander und fand, dafs sie bis zu grofser Tiefe sich gut erhalten hatten.

Der vorhandene kleine Hafen entsprach indessen nicht entfernt dem nunmehr eintretenden Bedürfnifs, und es ist seitdem in südlicher Richtung an denselben ein sehr ausgedehnter Vorhafen angeschlossen. Poirel begann diesen Bau, indem er von der südlichen Spitze der erwähnten Insel mehr in südlicher Richtung einen 21 Ruthen langen Damm ausführte. Die Länge desselben war ursprünglich auf 133 Ruthen festgestellt, da sich jedoch mit geringen Mehrkosten eine weit gröfsere Fläche umschliefsen liefs, wenn der Damm weiter ostwärts verlegt würde, so mufste der Bau unterbrochen werden, bis hierüber bestimmte Entscheidung getroffen war. Es mufs aber bemerkt werden, dafs dieser Damm ohne Verwendung natürlicher Steine, ganz aus prismatischen Bétonblöcken ausgeführt wurde.

Bei der weitern Fortsetzung des Baues ist jener Damm in ost-süd-östlicher Richtung auf 180 Ruthen Länge ausgeführt. Die Hafenmündung ist südöstlich gekehrt und hat nahe die Weite

Digitized by Google

von 90 Ruthen. Hinter derselben setzt sich in süd-süd-westlicher Richtung ein 180 Ruthen langer Damm fort, der aber durch eine kleine Mündung unterbrochen und an seinem Ende durch einen Querdamm mit dem Ufer verbunden ist. Der rings umschlossne Hafen hat hierdurch die Länge von 420 Ruthen, und grofsentheils die Breite von 180 Ruthen erhalten. Er umfafst eine Fläche von 300 Morgen. Bei diesen letzten Hafendämmen ist der Kern aus natürlichen Steinen aufgeschüttet und mit Bétonblöcken überdeckt.

Nachdem dieser erste Versuch gemacht war, wurde derselbe vielfach in Französischen Häfen und zwar sowohl bei Neubauten, als auch vorzugsweise zum Schutz vorhandener Steinböschungen wiederholt, und wenn man auch zuweilen den Blöcken nicht hinreichende Dimensionen gegeben hat, dieselben also von den Wellen in Bewegung gesetzt und fortgetrieben wurden, oder andre Ursachen die Zerstörung der Hafendämme veranlafsten, so hat sich doch die Zweckmäfsigkeit dieser Constructionsart unter den schwierigsten Verhältnissen vollständig bewährt, und es ist sogar kein andres Mittel zum Schutz einer Steindossirung unter Wasser bekannt, als die Ueberdeckung mit grofsen künstlichen Blöcken.

Die Verwendung dieser Blöcke zu Schüttungen, worauf massenhafte Hafenmauern ruhen, erscheint dagegen nach manchen Erfahrungen bedenklich. Hierher gehört namentlich der § 61 erwähnte Durchbruch des Damms bei Port Vendres. Man ist in neuerer Zeit der Ansicht, dafs ein Hafendamm, um dem Wellenschlage sicher zu widerstehn, einen gewissen Grad von Wasserdichtigkeit besitzen mufs. Diese Bedingung wird durch Schüttung regelmäfsig geformter Bétonblöcke am wenigsten erreicht. Die sehr verschiedenartigen und schnell wechselnden Pressungen, die in einer mit grofsen Zwischenräumen versehenen Ablagerung beim Gegenschlagen der Wellen sich bilden, veranlassen ohne Zweifel heftige Strömungen im Innern, welche Unterspülungen verursachen können. Aufserdem ist die Ablagerung solcher Blöcke auch keineswegs sicher, da die scharfen Kanten und Ecken, welche zufällig die Stützpunkte bilden, im Lauf der Zeit abbrechen.

Die Ueberdeckung einer Steinschüttung mit Blöcken braucht sich nur so weit unter Wasser fortzusetzen, als

Digitized by Google

ein starker Stofs der Wellen noch bemerkbar ist. In der Tiefe von 15 bis 16 Fufs mäfsigt sich selbst bei heftigem Seegang die Kraft der Wellen so sehr, dafs die Schüttung keines Schutzes bedarf. In der Ostsee dürfte dieses schon bei 8 Fufs unter dem mittleren Wasserstande der Fall sein. Die Ueberdeckung ist sonach nur auf den obern Theil der Dossirung zu beschränken, sie wird aber augenscheinlich um so kostbarer, je flacher dieselbe ist. Sie stellt sich am billigsten und ist zugleich am leichtesten auszuführen, wenn die Steinschüttung bis zu der betreffenden Tiefe möglichst steil ist, oder ein und ein viertelfache Anlage hat. Die scharfkantigen Bétonblöcke lagern sich schon unter einfüfsiger Böschung, bilden daher auf solcher Schüttung eine sichere Ueberdeckung. Man hat also nur dafür zu sorgen, dafs immer neue Blöcke nachgestürzt werden, sobald die früher versenkten auf der Böschung herabgleiten. Ganz unerwartet pflegen solche Bewegungen auch nicht einzutreten, man kann daher an den bedrohten Stellen und zwar auf dem Damme selbst die Blöcke bei Zeiten formen, und sobald es nöthig ist, sie herabwerfen. Wenn aber dieses wiederholentlich geschieht, so bildet sich die Ueberdeckung bis zu der erwähnten Tiefe regelmäfsig aus.

Um vor der Hafenmauer an jeder Stelle, wo es nöthig ist, die Blöcke anfertigen zu können, pflegt man ein Banket oder eine Risberme anzubringen, welche sich über den gewöhnlichen Wasserstand erhebt und die äufsere Dossirung von der Mauer trennt. In manchen Fällen werden die Blöcke auch auf der Krone der Hafenmauer selbst geformt. Beim Herabstürzen zerbrechen sie nicht, wenn sie aus gutem Material und mit Sorgfalt angefertigt sind, und die nöthige Härte angenommen haben. Bei Besichtigung einer grofsen Anzahl Französischer Häfen habe ich nirgend gesehn, dafs bei dieser Art der Verwendung ein künstlicher Block sich in mehrere Stücke getrennt hätte. Wohl aber lagen sie oftmals so unsicher auf einander, dafs eine Bewegung leicht erfolgen konnte. Wenn indessen eine solche eintritt, so reiben sich entweder die scharfen Kanten ab, welche nicht die nöthige Unterstützung bieten, oder der Stein nimmt eine andre und zwar eine festere Lage an. In beiden Fällen erfüllt er vollständig seinen Zweck. Der Umstand, dafs diese

Digitized by Google

Ablagerungen künstlicher Blöcke immer ein sehr unregelmäfsiges Ansehn haben und niemals die gleichmäfsigen Profile darstellen, welche man sonst, namentlich in den Französischen Wasserbauwerken, zu sehn gewohnt ist, kann mit Rücksicht auf die wesentlichen Vortheile dieser Methode nicht in Betracht kommen.

Wenn vor einer Hafenmauer eine flache Steinböschung sich befindet, so läfst die erstere sich auch sichern, ohne dafs man letztere vollständig überdeckt. Man braucht nämlich nur unmittelbar vor der Mauer Bétonblöcke zu verstürzen, die so grofs sind, dafs sie nicht seitwärts treiben können. Sobald die davor liegenden kleineren Steine von den Wellen fortgetrieben werden, sinken die Blöcke herab und müssen durch andre ersetzt werden. In dieser Weise bildet sich nach und nach bis zur erforderlichen Tiefe die sichere und hinreichend starke Ueberdeckung von selbst aus. Es ist bereits erwähnt worden (§ 61), dafs man vor dem Wellenbrecher bei Cette die Blöcke in dieser Weise verwendet hat. Vor den beiden Köpfen des Wellenbrechers bei Cherbourg hat man dagegen die vollständige Sicherung der flachen Böschungen für nöthig erachtet, und namentlich neben dem westlichen Kopf ist dieselbe nahe auf 10 Ruthen Breite mit Blöcken überdeckt. Diese liegen so nahe neben einander, wie die Versenkung derselben es irgend gestattete. Die freien Räume sind durchschnittlich nur etwa 18 Zoll weit, und bei niedrigem Wasser kann man wahrnehmen, dafs die Ueberdeckung sehr vollständig geschehn ist und nur hin und wieder der Wellenschlag die Blöcke in Bewegung gesetzt hat. Dieselben halten durchschnittlich 400 Cubikfufs.

Bei dieser Sicherung der Steinschüttung verursacht das Aufbringen der Blöcke grofse Schwierigkeit, und dürfte überhaupt nur ausführbar sein, wo ein starker Fluthwechsel statt findet. Ohne solchen fehlt es an der nöthigen Wassertiefe, um die zwischen Fahrzeugen oder unter Flöfsen hängenden Blöcke an den Ort ihrer Bestimmung zu bringen, während der Transport in andrer Weise, also etwa auf Eisenbahnen, bei der niedrigen Lage der Steinschüttung unüberwindliche Schwierigkeiten bieten würde. Der starke Fluthwechsel giebt aber noch Gelegenheit, die Ueberdeckung in andrer Weise auszuführen, indem die Blöcke *an Ort und Stelle* mit einem besonders schnell bindenden Mörtel

Digitized by Google

geformt werden. Sobald man aber dieses thut, so giebt es keinen Grund, nur einzelne Blöcke darzustellen, und es empfiehlt sich alsdann, die ganze Schüttung, soweit sie auf einige Stunden trocken wird, im Zusammenhang zu übermauern. Vor dem Wellenbrecher bei Cherbourg hat man dieses in neuster Zeit gethan (§ 36), und dadurch ohne Zweifel die Schüttung am vollständigsten gesichert.

Indem von der verschiedenartigen Verwendung der Bétonblöcke zur Sicherung der Hafendämme die Rede ist, mufs noch einer eigenthümlichen, wenn auch keineswegs empfehlenswerthen Benutzung derselben in manchen Ostseehäfen erwähnt werden. Da die Beschaffung grofser und gehörig geformter Granite, wie sie beim Abpflastern der Krone und der Dossirungen über Wasser benutzt werden sollten, sehr schwierig war, und endlich nur übrig blieb, sie mit bedeutenden Kosten aus Schweden zu beziehn, so versuchte man, dieselben durch künstliche Blöcke zu ersetzen, die entweder aus Béton geformt, oder aus zerschlagenen Granitstücken aufgemauert wurden. Nachdem sie erhärtet waren, versetzte man sie, wie die Quadern eines natürlichen Gesteins. Obwohl man diese Verwendung sehr vortheilhaft fand, und einzelne Blöcke dieser Art sich auch haltbar erwiesen, so ist doch nicht zu verkennen, dafs ein solches Verfahren an sich durchaus unpassend ist. Derselbe Zweck läfst sich nämlich sicherer und mit geringern Kosten erreichen, wenn man von der Pflasterung ganz absieht, und die Krone nebst den Dossirungen über Wasser unmittelbar mit gespaltenen Graniten und zwar unter Anwendung eines schnell erhärtenden Mörtels übermauert.

Was die Anfertigung der künstlichen Steinblöcke betrifft, so werden dieselben theils aus Bruchsteinen aufgemauert und theils aus Béton geformt. Die erste Methode verdient wohl insofern den Vorzug, als dabei ein regelrechter Verband gegeben werden kann, während die kleinen Steine im Béton, die nur einen geringen Theil der Masse bilden, solchen nur sehr unvollständig darstellen. Indem das Quantum der Steine sich vermindert, so vergröfsert sich in gleichem Maafse das des Mörtels und da letzterer in allen Fällen theurer ist, so stellen sich die Kosten der Bétonblöcke, obwohl dabei die Maurerarbeit erspart wird, meist höher, als die der gemauerten Blöcke. Nach

Digitized by Google

den bei uns gemachten Erfahrungen zeigten sich indessen die ersten dauerhafter, als die letzten. Diese zerbrachen vielfach beim Herabstürzen oder bei sonstigen Bewegungen, was wohl davon herrührte, dafs sie nicht mit der nöthigen Vorsicht angefertigt waren und vielleicht einzelne Steine im Innern ohne Mörtelfuge sich nur trocken berührten. Aufserdem liefsen sie sich nicht so schnell darstellen.

Wo es an brauchbaren Bausteinen fehlt, die lagerhaft sind und zugleich die nöthige Festigkeit besitzen, mufs man sich jedenfalls zur Anwendung des Bétons entschliefsen, wie dieses in Marseille der Fall war. Dasselbe geschieht auch, wenn es darauf ankommt, in der kurzen Zeit des niedrigen Wassers Blöcke anzufertigen, indem das Aufmauern viel langsamer von statten geht, als das Einfüllen der Bétons. Aus dem letzten Grunde konnten die tieferen Lagen der Blöcke vor dem Cherbourger Wellenbrecher nur in Béton geformt werden. Bei Cette, Port Vendres und in andern Französischen Häfen war dagegen die erste Methode, und zwar soweit bemerkt werden konnte, ohne Nachtheil gewählt werden.

Mögen die Blöcke in der einen oder der andern Art dargestellt werden, so ist die Bereitung eines Mörtels, der nicht nur vollständig erhärtet, sondern auch im Seewasser sich dauernd erhält, vorzugsweise wichtig. Im ersten Theil dieses Handbuchs § 46 ist zwar die Bereitung der hydraulischen Mörtel und die Zusammensetzung und Prüfung der Bestandtheile desselben eingehend behandelt, da jedoch das Seewasser auf denselben in eigenthümlicher Weise einwirkt, so ist es nothwendig, hierüber noch einige Mittheilungen zu machen.

Die Französischen Ingenieure haben sich hiermit vielfach beschäftigt. Aus den frühern sorgfältigen Untersuchungen von Vicat kannte man in Frankreich eine grofse Anzahl natürlicher magerer Kalke und aufserdem waren viele Fabriken zur Darstellung eines solchen, wie auch von Cementen und künstlichen Puozzolanen entstanden. Man war hierdurch in den Stand gesetzt, in jedem Theil von Frankreich für mäfsige Preise hydraulische Mörtel zu bilden, die den erforderlichen Grad von Härte über oder unter Wasser, und zwar in beliebig kurzer Zeit annahmen. Es schien, dafs man in dieser Beziehung bereits volle

Digitized by Google

Sicherheit erreicht hätte, und dafs auch für die Bauten an der See keine Besorgnifs mehr vorläge, indem die Versuche ergaben, dafs wenigstens theilweise diese natürlichen und künstlichen Kalke, Cemente und Puozzolanen im Seewasser sich nicht anders verhielten, als im süfsen Wasser, und darin namentlich auch schnell und vollständig erhärteten. Um so mehr mufste es überraschen, als 1850 der Ingenieur Noël in Toulon die unerwartete Erfahrung machte, dafs dort, wie auch in Algier der zur Hafenmauer angewendete Mörtel zwar im Seewasser erhärtete und nach 6 bis 12 Monaten einen hohen Grad von Härte annahm, dafs er aber später wieder zerfiel und in einzelnen Fällen sich sogar vollständig auflöste. Die Redaction der Annales des ponts et chaussées beeilte sich, diese Thatsache bekannt zu machen und erliefs zugleich die dringende Aufforderung, den Gegenstand durch Mittheilung sonstiger Erfahrungen und durch wissenschaftliche Untersuchungen aufzuklären. Es zeigte sich hierauf, dafs man in der That auch in andern Häfen, namentlich in la Rochelle, St. Malo und Calais dieselbe Erscheinung bemerkt hatte, während an andern Orten, wie in Marseille und Cherbourg, ein solches späteres Erweichen oder Zerfallen des Mörtels nicht vorgekommen war.

Ueber die Ursache dieser Erscheinung wurden von namhaften Ingenieuren verschiedene Ansichten ausgesprochen, bis Ravier in Algier die folgende, auf vielfache Beobachtungen und chemische Analysen gegründete Erklärung mittheilte*), der auch Vicat sich anschlofs.

Die schwefelsaure Magnesia und das Chlormagnesium, die zusammen im Mittelländischen Meere 1 Proc., im Atlantischen Ocean und in der Nordsee aber nur etwa $^1/_2$ Proc. des Seewassers ausmachen, lösen die freie und nicht festgebundene Kalkerde auf, und verbinden sich mit dieser zu schwefelsaurem Kalk und Magnesia. Die Verbindung derselben überzieht als feste Decke jeden Mörtel im Seewasser und schützt ihn vor weitern Zersetzungen, so lange sie innig auf ihm haftet. Letzteres geschieht aber nur, wenn die Kalkerde hinreichend durch Thonerde

*) Essais et observations sur les mortiers employés en eau de mer, in den Annales des Ponts et chaussées 1854, II. Semestre, pag. 20 ff.

Digitized by Google

gebunden ist. Entgegengesetzten Falls löst sich der Ueberzug von der innern Masse, zerbricht, und die zerstörende Einwirkung des Seewassers setzt sich nach und nach weiter fort. Für die Haltbarkeit des Mörtels im Seewasser ist es sonach Bedingung, dafs der Index der Hydraulicität (wie Vicat das Verhältnifs der Thonerde und der Magnesia zur Kalkerde nennt) nicht unter einer bestimmten Gröfse bleibt. Jeder natürliche oder künstliche Kalk oder Cement, in dem dieses Verhältnifs nicht unter 36 zu 100 ist, bildet im Seewasser einen dauernd haftenden Ueberzug, und bleibt sonach unversehrt, während Kalke, die weniger hydraulisch sind, dadurch nicht geschützt werden.

Diese Bedingung wird in vielen Fällen erfüllt, und namentlich gilt dieses von dem natürlichen magern Kalke von Theil im Département Ardéche. In Marseille wurde derselbe schon früher benutzt, und gegenwärtig wird er bei allen Hafenbauten am Mittelländischen Meer von Toulon bis Port Vendres und selbst im Hafen Saïd in Aegypten ausschliefslich angewendet.

Dieser Kalk bricht unmittelbar am Ufer der Rhône, sein Transport ist daher wenig kostbar. In Port le Bouc, dem nächsten Hafen an der Mündung der Rhône, sah ich grofse Massen dieses Kalks, der auf dem Canal von Arles von der Rhône her herabgekommen war, in Seeschiffe verladen.

Er ist theils von blauer und theils von hellgelber, nahe weifser Farbe. Der erste wird als vorzüglicher angesehn. Seine chemische Zusammensetzung ist:

	im blauen	im weifsen
Kalkerde	44,8	46,5
Kiesel- und Thonerde	17,2	15,8
Eisen-Oxyd	0,1	0,4
Kohlensäure . . .	35,3	36,5
Wasser und Erdharz .	2,7	0,8

Das specifische Gewicht schwankt zwischen 2,40 und 2,43. Wenn er im rohen Zustande lufttrocken ins Wasser getaucht wird, so saugt er dasselbe merklich ein, und sein Gewicht vermehrt sich um 6 bis 7 Proc. Der helle Stein nimmt etwas mehr Wasser auf, als der blaue. Von jenem lösen sich auch merklich Theilchen ab und trüben das Wasser.

Digitized by Google

Auf einigen Baustellen wird dieser Stein roh angekauft und an Ort und Stelle gebrannt, für andre geschieht das Brennen und Zubereiten des Kalkmehls schon neben den Brüchen in besondern Fabriken. Im letzten Fall wird aber die Fabrikation durch geeignete Regierungsbeamte speciell und dauernd beaufsichtigt. Dieses geschieht zum Beispiel für die Hafenbauten bei Marseille, woselbst der Kalk schon gemahlen angeliefert wird.

Was die Behandlung des Kalks in den erwähnten Fabriken betrifft, so wird er gebrannt, mit Wasser besprengt und in Haufen abgelagert. Sobald er alsdann vollständig erkaltet und dabei grofsentheils in Staub zerfallen ist, hebt man ihn mittelst eines Elevators oder einer Eimerkette auf eine geneigte Rinne, in deren Sohle sich ein eisernes Sieb mit Oeffnungen von etwa 9 Linien Weite befindet. Hier scheiden sich die gröbern Kalkstücke aus und diese werden aus freier Hand sortirt, je nachdem sie entweder ungar sind, oder obwohl sie hinreichend gebrannt, doch nicht zerfallen sind. Der Unterschied zwischen beiden ist sehr auffallend, da erstere viel schwerer und fester, als letztere sind. Jene kommen wieder in die Oefen, diese wirft man in einen Trichter, aus dem sie auf einen Mahlgang fallen.

Der feine Kalk, der durch das erwähnte Sieb hindurchfällt, wird in ein Beutelzeug geleitet. Dieses besteht aus einem Drahtgewebe, das in der Fläche eines Quadrat-Decimeters 20000 Maschen hat, oder auf den Quadratzoll 1370 Maschen, woher auf den Zoll in jeder Richtung 37 Maschen treffen. Das hindurchfallende Mehl ist das fertige Fabrikat. Die gröbern Körnchen und kleinern Stücke, die über das Beutelzeug fortrollen, werden zugleich mit den vorher ausgesuchten gröfsern Stücken des garen Kalks gemahlen und hierauf aufs Neue gebeutelt. Diejenigen Körnchen, welche wieder nicht hindurchfallen, werden als unbrauchbar verworfen. Indem beim Mahlen der ausgebeutelten Körner, so wie auch des nicht vollständig gebrannten Kalks, die Mühlsteine stark angegriffen werden, so sorgt der Fabrikant schon dafür, dafs beide nicht in zu grofser Menge vorhanden sind, und namentlich nicht Schlacken oder andres Gestein dazwischen kommt.

Das Kalkmehl aus der Mühle giebt nach den darüber angestellten Versuchen einen etwas weniger bindenden Mörtel, als

Digitized by Google

dasjenige, welches sogleich durch das Beutelzeug fiel. Aus diesem Grund pflegt man die Bedingung zu stellen, dafs von jenem nicht mehr, als 20 Procent diesem zugesetzt werden dürfen. Eine sorgfältige Prüfung zeigte, dafs die sowohl aus gröfsern Stücken, als aus den Körnern bestehende Masse, welche man auf die Mühle brachte, sich in folgender Art zusammensetzte:

10 Procent tadellose Kalkstücke, die nur wegen mangelnder Benetzung nicht zerfallen waren,
70 Procent zwar gar gebrannt, aber zu fest, als dafs sie durch Benetzung sich zertheilten,
10 Procent hatten beim Brennen nicht den nöthigen Grad der Hitze erhalten, und
10 Procent bestanden aus Schlacken oder aus fremdartigem Gestein.

Was die andern Materialien betrifft, die in Marseille zur Bétonbereitung benutzt wurden, so ist darüber wenig zu sagen. Der Sand war ein ziemlich scharfer, jedoch keineswegs ganz reiner Flufssand. Man zog denselben dem Seesand vor, weil dieser in dortiger Gegend noch weniger rein ist, und grofsentheils aus Kalkkörnchen besteht. Im Allgemeinen nimmt man aber in Frankreich keinen Anstand, auch den Seesand, sobald er nur die nöthige Festigkeit besitzt und nicht zu fein ist, zum Mörtel zu verwenden. Das daran haftende Salz hält man so wenig für nachtheilig, dafs man sogar, wie ich in Cette und in Cherbourg sah, den Mörtel mit Seewasser anmachte. Aus der obigen Erklärung der chemischen Einwirkungen ergiebt sich auch, dafs weder der Seesand noch das Seewasser einem stark hydraulischen Kalk schädlich ist. In Marseille benutzte man jedoch zu der Mörtelbereitung das Wasser, welches in der grofsartigen Leitung von der Durance her zugeführt wird.

Der zum Béton benutzte Kies wurde bei Marseille zugleich mit den Schüttsteinen im Frioul gewonnen (§ 63). Es war daselbst die Bedingung gestellt, dafs jedes zur Verwendung kommende Stück wohl durch einen Ring von 6 Centimeter oder 2,3 Zoll Durchmesser, jedoch nicht mehr durch einen Ring von der halben Weite hindurchfallen sollte. Man nahm indessen auch Stücke an, die bei gröfserer Länge so wenig Querschnitt hatten,

Digitized by Google

dafs sie in aufrechter Stellung durch den letzten Ring sich hindurch schieben liefsen.

Die Zusammensetzung und Bearbeitung des Bétons, sowohl durch Handarbeit, wie durch Maschinen, ist bereits (Theil I, § 47) behandelt. Bei der ausgedehnten Verwendung desselben für die Hafenbauten in Marseille wurde jedoch, zum Theil durch die dortigen Verhältnisse veranlafst, ein andres Verfahren gewählt.

Die nachstehenden Angaben beruhn grofsentheils auf eigner Wahrnehmung während meiner Anwesenheit in Marseille im Herbst 1857. Sie weichen in manchen wichtigen Punkten von der Beschreibung dieses Baues ab, die Latour und Gassend publicirt haben.*)

Die Bereitung des Mörtels, wie des Bétons erfolgte auf einer Rüstung von etwa 70 Fufs Länge und 40 Fufs Breite. Die obere Ansicht derselben ist Fig. 185 *a*. nebst den darauf liegenden Eisenbahnen, Hebevorrichtungen und Mörtelmaschinen dargestellt. Darunter, also unmittelbar auf dem Erdboden, befinden sich noch andre Bahnen, die Fig. 185 *b*. zeigt, und die nicht nur unter sich durch Drehscheiben, sondern mittelst der Hebevorrichtungen auch mit den obern Bahnen verbunden sind. An der linken Seite schliefst sich an die Rüstung ein kleines Dampfmaschinen-Gebäude an, und hinter demselben befindet sich der Schuppen, worin der pulverisirte Kalk von Theil aufbewahrt wurde.

A, *A* und *A* sind drei Mörtelmaschinen, von denen jedoch die dritte, wie bei meiner Anwesenheit geschah, nicht immer aufgestellt war. Von der letztern bemerkt man nur die in den Boden versenkte gufseiserne kreisförmige Rinne. Diese ist in der Sohle 19 Zoll und oben $26\frac{3}{4}$ Zoll weit und 19 Zoll hoch. Sie hält

*) Travaux hydrauliques maritimes par. MM. Latour et Gassend Marseille 1860. Eine grofse Anzahl in Farbendruck ausgeführter Tafeln stellt die verschiedenen mechanischen Vorrichtungen sehr deutlich dar, die Bearbeitung des Textes läfst indessen Vieles zu wünschen übrig. Es scheint, dafs die Verfasser, welche in den ersten Jahren als Conducteurs des travaux bei diesem Bau angestellt waren, vorzugsweise nur die ursprünglich bearbeiteten Projecte veröffentlichten, ohne die spätern Aenderungen zu erwähnen.

Digitized by Google

im äufsern Durchmesser 14 Fufs. In der Sohle befindet sich zum Ablassen des fertigen Mörtels eine Oeffnung, welche durch eine passend geformte gufseiserne Platte von unten geschlossen und während des Betriebs festgeschroben ist. Ihre obere Fläche schliefst sich der Sohle der Rinne vollständig an, so dafs sich darüber keine Vertiefung bildet.

Im Mittelpunkt jeder Rinne steht eine eiserne Welle, die mit vier Armen versehn ist. Drei derselben sind Achsen, um welche sich gufseiserne Räder drehn. Diese Räder laufen sämmtlich auf der Sohle der Rinne, doch sind sie so versetzt, dafs eins die Mittellinie derselben verfolgt, während das zweite ihren innern und das dritte ihren äufsern Rand berührt. Die vertikale Welle wird mittelst conischer Räder durch eine Betriebswelle in Bewegung gesetzt, die Fig. 185 *b*. sichtbar ist. Letztere wird unmittelbar von der Dampfmaschine getrieben, und die eingreifenden conischen Räder können vom obern Boden aus ausgerückt werden, wodurch die betreffende Mörtelmaschine angehalten wird. Ist der Mörtel gehörig gemengt, so öffnet man die erwähnte Klappe im Boden der Rinne, unter welcher der Wagen steht, der denselben aufnehmen soll. Um die Rinne vollständig zu entleeren, wird die Fig. 186 dargestellte Schaufel an den vierten Arm gehängt, die den Mörtel vor sich her schiebt. Damit sie aber nicht etwa die Masse über die Oeffnung fortstöfst, so geht ein Arbeiter daneben, der sie vor der Oeffnung aufhebt. Die Schaufel, welche zu viel Widerstand finden würde, wenn sie an die Wände scharf anschliefsen sollte, verhindert nicht, dafs an letzteren noch bedeutende Quantitäten Mörtel haften. Um auch diese zu beseitigen und der Oeffnung zuzuführen, wird schliefslich noch der Kratzer angehängt, den dieselbe Figur zeigt. Dieser besteht aus zwei Federn, die sich scharf an die Wände der Rinne anlegen.

Was die Zufuhr der Materialien betrifft, so wird der Sand in kleinen Eisenbahnwagen auf dem Strange *B* herbeigeführt. Mittelst einer Drehscheibe gehn die Wagen auf den Strang *C* über und gelangen auf die mit Geleisen versehene Bühne *E*, die sie auf die Rüstung hebt. Auf dem Strange *F* schiebt man sie alsdann an die drei Mörtelmaschinen, wo sie entleert werden. Sie gehn hierauf auf demselben Wege wieder zurück. Der Kalk wird in andern Wagen und zwar auf dem Geleise *G* aus dem

Digitized by Google

Kalkschuppen angefahren, auf derselben Bühne *E* gehoben und neben den Mörtelmaschinen niedergelegt, oder unmittelbar hineingeschüttet. Die Hebemaschine besteht in einem Balancier, woran nicht nur die erwähnte Bühne, sondern auf der andern Seite eine zweite *L* hängt, welche die beladenen Mörtel- und Kieswagen hinaufhebt. Der Balancier wird durch eine besondere, sehr einfache Dampfmaschine in Bewegung gesetzt. Auf der Rüstung steht nämlich ein Dampfcylinder, dessen Kolben unmittelbar mit dem Balancier und zwar in der halben Länge des Arms verbunden ist. Ein Rohr führt den Dampf aus dem Kessel der Hauptmaschine herbei, und jenachdem man denselben über oder unter den Kolben treten läfst, so hebt er eine oder die andre Bühne mit dem darauf stehenden Wagen. Es mufs noch bemerkt werden, dafs jede Mörtelmaschine etwa zweimal in der Stunde gefüllt wird und hierzu ein Wagen Sand erforderlich ist, während ein einzelner Wagen den Kalk für alle drei Maschinen herbeiführt. Wenn daher die Arbeit gehörig geregelt wird, so dafs nicht alle drei Maschinen gleichzeitig gefüllt werden, so ist hinreichend Gelegenheit geboten, den Sand unmittelbar aus dem Wagen in eine Maschine zu werfen, ohne dafs wegen Sperrung des Geleises der Betrieb einer andern unterbrochen wird. Auch kann man, wenn es nöthig sein sollte, noch zwei Wagen bequem hinter die letzte Maschine stellen. Dieses geschieht, wenn ein dritter sogleich diese Maschine füllen mufs. Der Kalk, der in Säcke verpackt ist, wird aber gelegentlich, wenn die Bahn frei ist, angefahren, und gewöhnlich liegen neben jeder Mörtelmaschine soviel Säcke, dafs dieselbe mehrmals damit gefüllt werden kann.

Der Mörtel wird in der Art zusammengesetzt, dafs nach dem Rauminhalt auf 5 Theile Sand 3 Theile Kalkmehl kommen. Letzteres wird aber nicht gemessen, sondern gewogen. Der Cubikmeter Kalkmehl wiegt 600 Kilogramm, also der Cubikfufs etwas über 37 Pfund. Um 10 Cubikfufs Mörtel darzustellen, braucht man 9 Cubikfufs Sand und $5\frac{2}{3}$ Cubikfufs oder 220 Pfund Kalkmehl. Jede Maschine liefert bei einmaliger Füllung 26,8 Cubikfufs Mörtel. Es müssen also $24\frac{1}{8}$ Cubikfufs Sand und $14\frac{1}{2}$ Cubikfufs oder 538 Pfund Kalkmehl zugesetzt werden. Die Sandwagen sind so geaicht, dafs die aus Blech bestehenden Kasten genau dieses Quantum fassen, wenn sie, wie immer geschieht, nach der

Digitized by Google

Füllung abgestrichen werden. Ich bemerkte auch wiederholentlich, dafs Stücke Holz im Innern aufgenietet waren, wenn zufällig der Kasten zu grofs war. Der Kalk wird aus der Fabrik in Säcken angeliefert, deren jeder brutto 45 Kilogramme, oder 90 Pfund wiegt. 6 Säcke gehören also zur einmaligen Füllung einer Maschine. Der Wagen wird aber mit 18 Säcken beladen.

Was endlich das Wasser betrifft, so wird dieses, wie bereits erwähnt, aus der städtischen Wasserleitung entnommen, und zwar fliefst es unter dem starken Druck unmittelbar in die beiden eisernen Kübel *D*, die sich auf der Rüstung befinden. Man braucht also nur einen Hahn zu öffnen, um diese zu füllen. Von hier schöpft man es mit Eimern, die 8 Liter oder nahe ein Viertel Cubikfufs halten, in die Mörtelmaschinen, und zwar gehören zu dem bezeichneten Mörtelquantum 28 solche Eimer oder 7,2 Cubikfufs. Es ist auch auf die Unterbrechung der Wasserleitung Rücksicht genommen, die wegen der nöthigen Reinigungen jährlich einmal vorkommen muss. Damit alsdann der Betrieb der Maschinen nicht gestört wird, so befindet sich auf der Rüstung noch ein grofses Reservoir *H*, welches aus einem Brunnen mittelst der Dampfmaschine gespeist werden kann.

Die Mörtelbereitung erfolgt in der Art, dafs zunächst, nachdem die Oeffnung in der Rinne geschlossen ist, die 6 Säcke Kalk hineingeschüttet werden, alsdann gieſst man das Wasser darüber, und sobald dieses geschehn, setzt man die Maschine in Gang. Nunmehr wird durch zwei Arbeiter der Sand mit Schaufeln eingeworfen, und zwar ohne Unterbrechung, bis der Wagen entleert ist. Wollte man den ganzen Inhalt durch Umstürzen des Wagens auf einmal hineinbringen, so würde der Widerstand so grofs werden, dafs die Maschine ihn nicht bewältigen könnte. Die senkrechte Achse mit den drei Rädern dreht sich in der Minute zweimal um, die Räder bewegen sich also mit der Geschwindigkeit von etwa $1\frac{1}{2}$ Fufs in der Secunde. Nach 15 bis 20 Minuten ist die Vermengung vollständig erfolgt, und alsdann wird der Mörtel, wie oben beschrieben, durch die Oeffnung im Boden in den darunter stehenden Wagen abgelassen. Die Zwischenzeit von einer Füllung bis zur nächsten beträgt ungefähr eine halbe Stunde.

Die Wagen, welche den in den Maschinen bereiteten Mörtel

Digitized by Google

aufnehmen, stehn auf den kleinen Zweigbahnen *I, I, I,* unter der Rüstung. Sie gelangen dahin von dem Strange *K* mittelst Drehscheiben. Sobald sie den Inhalt einer Maschine aufgenommen haben, werden sie von der zweiten Bühne *L*, die an dem bereits beschriebenen Balancier hängt, auf die Rüstung in den Strang *M* gehoben und hier auf den Boden *N* verstürzt, wo der Béton durch Handarbeit dargestellt wird. Der zum Béton benutzte Kies wird auf andern Wagen gleichfalls auf den Strängen *B* und *K* beigeführt und ebenso wie die Mörtelwagen mittelst der Bühne *L* gehoben und auf dem Strange *M* auf die Rüstung gestürzt. Das Material wird hier so schnell verbraucht, dafs die leeren Wagen ohne wesentliche Störung der Arbeit nicht auf demselben Wege wieder zurückgehn können. Der Strang ist daher bis zu einer dritten Bühne *O* verlängert, die an einem zweiten Balancier hängt, und die Wagen von der Rüstung auf das zu ebener Erde liegende Geleise herabführt. Indem hier nur leere Wagen herabgelassen, nie aber ein solcher gehoben wird, so war die Verwendung von Dampfkraft dabei entbehrlich. Der Balancier, der sich über der Bahn befindet und den die Figur gleichfalls bezeichnet, ist so eingerichtet, dafs die leere Bühne dem andern Arm das Gleichgewicht hält, also nur eine sehr geringe Kraft erforderlich ist, um sie zu heben. Der leere Wagen auf der Bühne würde dagegen mit der letztern sogleich herabstürzen, wenn er nicht zurückgehalten würde. Eine auf der Rüstung bei *P* aufgestellte Winde, die durch einen Arbeiter gehandhabt wird, genügt daher, um diese Bühne abwechselnd zu heben und zu senken, und alle leeren Wagen von dem Strange *M* herabzulassen.

In jeder Mörtelmaschine werden, wie erwähnt, 26,8 oder in runder Zahl 27 Cubikfufs auf einmal bereitet. Der Mörtelwagen faſst diese Masse und wird durch sie vollständig gefüllt, er schüttet sie aber nicht an einer Stelle aus, sondern mufs sie auf drei Bétonbetten gleichmäfsig vertheilen. Er ist daher nicht mit einem, sondern mit drei eisernen Kasten versehn, die einzeln seitwärts umgelegt werden können, aber in ihren obern Rändern so genau an einander schliefsen, dafs der ausfallende Mörtel nicht in die Fugen tritt. Die drei Kasten füllen sich also ungefähr gleichmäfsig an, und soweit dieses nicht geschieht, mufs der Arbeiter,

Digitized by Google

der den Wagen schiebt, die Masse so verbreiten, dafs jeder einzelne Kasten gefüllt ist.

Zum Anfahren des Kieses dienen wieder besondere Wagen, von denen jeder, wenn er abgestrichen ist, 14 Cubikfufs hält. Diese Masse wird zu einem Bétonbette verwendet, und man erhält daraus, nachdem die 9 Cubikfufs Mörtel zugesetzt und durchgearbeitet sind, 16,17 Cubikfufs Béton.

Die Art der Bétonbereitung ist folgende. Zuerst wird eine Wagenladung Kies auf eine der drei mit *N* bezeichneten Stellen verstürzt, dabei schiebt man indessen den Wagen langsam vorwärts, so dafs seine Ladung sich in einem etwa 10 Fufs langen Rücken niederlegt. Ist dieses geschehn, so wird der Mörtelwagen vorgeschoben und in gleicher Weise ein Kasten desselben entleert. Die Kiesschüttung wird also nahe in ihrer ganzen Länge mit Mörtel überdeckt. Damit aber der folgende Kasten desselben Wagens später auch umgestürzt werden kann, und dadurch keine Sperrung des Geleises entsteht, so ist es nothwendig, dafs die drei Bétonbetten immer der Reihe nach bearbeitet und gefüllt werden. Alsdann braucht man nur die Wagen auf demselben Geleise etwas vor- oder zurückzuschieben, um die Verstürzungen vorschriftmäfsig auszuführen.

Die Vermengung des Mörtels mit dem Kies erfolgt auf jedem Bette durch sechs Arbeiter. Zwei derselben sind mit einer Art Rechen versehn, die Fig. 187 zeigt, deren zwei Zinken etwa 8 Zoll hoch und 4 Zoll von einander entfernt sind. Diese Arbeiter stehn auf der äufsern Seite der Rüstung. Sie greifen in den Haufen so ein, dafs sie jedesmal sowohl Kies, als auch Mörtel fassen, die sie etwa 18 Zoll an sich heranziehn. Dabei werden beide Rechen immer gleichzeitig nahe neben einander eingestellt und übereinstimmend angezogen, so dafs der Erfolg derselbe ist, als wenn ein breiter Rechen mit vier Zinken gebraucht würde. Diese Arbeiter werden durch zwei andre ihnen gegenüber stehende unterstützt, welche Stangen führen, die an ihren Enden mit gabelförmigen Beschlägen versehn sind. Letztere lehnen sich gegen die obern Ansätze auf den Rechen und werden kräftig dagegen gedrückt. Fig. 187 zeigt, wie beide Werkzeuge in einander greifen. Diese Operation wurde sehr schnell und sicher ausgeführt, indem die Arbeiter bereits eine grofse Uebung erlangt hatten.

Digitized by Google

Endlich stehn zur Seite und vor dem Haufen noch zwei Arbeiter, die mittelst Spaten sowohl die zerstreut umherliegenden Steine zusammenwerfen, als auch dafür sorgen, dafs jene ersten Arbeiter immer zugleich Mörtel und Steine fassen können. Die trocknen Steine werden daher an Stellen geworfen, wo der Mörtel überwiegend ist.

Wenn der ganze Haufen in dieser Art durchgearbeitet und dabei etwa um 18 Zoll vorgerückt ist, so beginnt dieselbe Operation wieder an dem ersten Ende und wird in gleicher Art durchgeführt. Bei dem dritten Vorschieben wird die Masse in die Einschnitte *Q* gezogen, so dafs sie in die darunter stehenden Wagen fällt.

Diese Bearbeitung des Bétons dauert 4 bis 5 Minuten, daher konnte der Mörtel, der in zwei Maschinen angefertigt wurde, auch bequem auf zwei Bétonbetten verbraucht werden. Wenn die Masse indessen aus diesen herabfiel, so war sie noch keineswegs so vollständig durchgearbeitet, dafs jeder Stein ringsum mit dem Mörtel in Berührung gekommen wäre. Man bemerkte vielmehr viele Flächen und sogar oft mehrere Kiesstücke, die noch ganz trocken waren. Es darf indessen nicht unbeachtet bleiben, dafs die beschriebene Operation noch keineswegs die Vermengung beschliefst, vielmehr setzt sich diese theils beim Herabfallen des Bétons in den Wagen und theils beim Umstürzen des letztern und bei der Verbreitung in den Formkasten noch fort.

Vorstehend habe ich die Bétonbereitung beschrieben, wie ich dieselbe in Marseille ausführen sah. Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs man dafür auch die Darstellung des Bétons durch andre Maschinen wählen kann, welche im ersten Theil dieses Handbuchs § 47 beschrieben sind. Nach dem erwähnten Werk von Latour und Gassend sollen auch in Marseille zu diesem Zweck horizontale Blechcylinder von 3 Fufs Durchmesser und 4 Fufs Länge benutzt sein, die mit vier Reihen radialer Stangen im Innern versehn waren. Nach der Zeichnung lag jeder dieser Cylinder auf einem Wagen, und nachdem ein Theil seines Umfangs geöffnet und er mit Mörtel und Kies etwa zur Hälfte gefüllt war, schob man ihn soweit von der Rüstung fort, dafs der von der Hauptwelle in Bewegung gesetzte Riemen auf die Scheibe zur Seite des Cylinders pafste. Die Riemscheibe stand mittelst Räder-

Digitized by Google

werk mit der Achse des Cylinders in Verbindung, und nachdem diese eine gewisse Anzahl Umdrehungen gemacht hatte, wurde der Betriebsriemen gelöst, und die ganze Bétonmaschine auf einer Eisenbahn bis über die Form geschoben, worin der Bétonblock gebildet wurde, und hier ausgestürzt. Als ich in Marseille war, sah ich keine dieser Maschinen in Gebrauch, wohl aber erzählte mir ein Aufseher, man habe früher die Anwendung von Bétonmaschinen versucht, doch hätten dieselben so wenig geleistet und seien so schwer zu behandeln gewesen, dafs man sie bald verlassen und dafür Handarbeit gewählt habe.

Bei dem zuerst beschriebenen Verfahren wurden die mit Béton gefüllten Wagen über diejenigen Formkasten geschoben, worin die künstlichen Blöcke gebildet werden, und hier ausgestürzt. Diese Formkasten und die bereits mehr oder weniger erhärteten Blöcke liegen reihenweise in einem ausgedehnten Bauhofe von 48 Ruthen Länge und 26 1/2 Ruthen Breite. Die Lage desselben ist in der Situations-Zeichnung Fig. 191 angegeben. Der herbeigeführte Kies kann also unmittelbar darin abgeladen, und ebenso die fertigen Blöcke daraus fortgeführt werden. Die beschriebene Rüstung liegt an der südlichen schmalen Seite, und längs derselben zieht sich eine Eisenbahn von gröfserer Spurweite, oder eine Schiebebühne hin, die in Fig. 185 *b*. mit *R* bezeichnet ist. Von ihr gehn leichte Bahnen aus, die über die fertigen und bereits erhärteten Blöcke, oder über die Formkasten fort bis zu denjenigen Stellen geführt sind, wo neue Blöcke gebildet werden. Man kann in 30 Reihen die Blöcke neben einander legen und jede Reihe fafst 33 Stück derselben, so dafs nahe 1000 Blöcke hier Platz finden. In der Richtung der einzelnen Reihen findet auf dem geebneten Boden ein schwaches Gefälle statt, woher die gefüllten Bétonwagen leicht zu bewegen sind, und das Zurückschieben der leeren Wagen auch nicht mühsam ist.

Jeder Block hält 10 Cubikmeter oder 323 1/2 Cubikfufs. Er ist 10 Fufs 7 1/2 Zoll lang, 6 Fufs 4 1/2 Zoll breit, 4 Fufs 9 1/2 Zoll hoch und wiegt, wenn er einige Zeit gelegen hat, 50 000 Pfund. Die Form besteht nur aus den vier Seitenwänden, die wie gewöhnliche Holzwände aus Schwellen, Stielen und Rahmstücken zusammengesetzt und auf der innern Seite mit Brettern verkleidet sind. Die sämmtlichen Verbandstücke bestehn aus schwachem

Digitized by Google

Kreuzholz, damit die Formen leicht zusammengesetzt und transportirt werden können. Nur die Schwellen und Rahmstücke haben gröfsere Breite, um ein Durchbiegen zu verhindern. Die Zusammensetzung erfolgt in der Art, dafs durch jede kürzere Wand zwei Eisenstangen, an den Enden mit Schraubengewinden versehn, hindurchgezogen sind, dieselben greifen durch die äufsern Stiele der Langwände hindurch und werden durch Schraubenmuttern daran befestigt. An letztere ist jedesmal ein etwa 6 Zoll langer Arm angeschmiedet, mittelst dessen sie ohne Hülfe eines besondern Schraubenschlüssels angezogen und gelöst werden können. Nachdem der Kasten aufgestellt ist, werden die beiden Rahmstücke der langen Seiten noch durch eine darüber gelegte starke Zange verbunden, die theils mittelst der vortretenden Kämme ein Ausbiegen verhindert, theils aber auch als Querschwelle für die Eisenbahn dient. Endlich wäre noch zu bemerken, dafs man nach Aufstellung der Form in dieselbe zwei Stücke Kreuzholz legt, die oben 5, unten 7 Zoll breit und 6 Zoll hoch sind. Sie bilden in der Sohle des Blocks zwei tiefe Rinnen, durch welche man, wenn die Steine gehoben werden sollen, Ketten hindurch zieht.

Ueber die Bétonwagen ist noch zu erinnern, dafs dieselben, wenn sie entleert werden sollen, nicht seitwärts umschlagen, vielmehr ihre Ladung nach vorn und hinten ausschütten, indem die darauf befindlichen Kasten hier mit Klappen versehn sind, welche sich um horizontale Achsen in den obern Seiten drehn. Die Sohle des Kastens bildet aber nicht eine horizontale Ebene, sondern besteht aus zwei geneigten Ebenen, die in einem scharfen Rücken in der Mitte sich schneiden. Beim Füllen der Form wird zuerst eine, alsdann die zweite Klappe geöffnet und mit Schaufeln, deren Blätter normal gegen die Stiele gerichtet sind, der Béton vollständig herausgeschoben. Ist dieses geschehn, so steigen einige Arbeiter, die Holzschuhe tragen, in die Form und vertheilen den Béton mittelst Schippen möglichst gleichmäfsig. Sie bedienen sich auch gufseiserner Stampfen an hölzernen Stielen, die etwa 8 Zoll im Durchmesser haben und 60 Pfund wiegen. Der Gebrauch derselben beschränkt sich indessen vorzugsweise nur auf die vollständige Anfüllung der Ecken, da man in der Masse, deren Erhärtung sehr bald beginnt, starke Erschütterungen vermeiden mufs. Die dichte Ablagerung des Bétons wird vorzugsweise durch das

Digitized by Google

vielfache Betreten desselben veranlafst, und hierdurch gelingt es auch, sein Volum so zu vermindern, dafs zur Füllung einer Form nahe ein voller Wagen mehr erforderlich ist, als man nach dem Rauminhalte der jedesmaligen Ladung erwarten sollte. Statt zwanzig Wagen braucht man wirklich ein und zwanzig.

Die Bétonwagen stehn, wenn sie behufs der Füllung unter die Einschnitte in der Rüstung gestellt werden, nicht unmittelbar auf einer festen Eisenbahn, vielmehr auf kleinen Schiebebühnen *S* (Fig. 185 *b.*), die auf der Bahn laufen und so weit seitwärts geschoben werden, bis die Schienen auf denselben sich an die Bahnen *T* anschliefsen. Von den letztern sind jedesmal mehrere eingerichtet, und der Béton wird abwechselnd in verschiedene Formkasten über verschiedene Bahnen verfahren. Diese Vorsicht ist besonders in dem Fall geboten, wenn bereits eine grofse Anzahl von Blöcken hinter einander in einer Reihe liegt, also die darüber geführte Bahn eine gröfsere Länge hat und die Wagen erst nach 10 bis 15 Minuten wieder zurückkommen.

Die sämmtlichen hier erwähnten Wagen sind möglichst leicht und zwar ohne Ausnahme ganz aus Eisen construirt. In der Nähe der Rüstung und auf derselben, so wie beim Transport des Bétons werden sie nur von Menschen geschoben. Beim Anfahren des Sandes und Kieses aus gröfserer Entfernung spannt man dagegen Pferde vor.

Nach 2 bis 3 Tagen sind die Blöcke soweit erhärtet, dafs man die Formkasten abnehmen, auch die Querschwellen der Eisenbahn unmittelbar darauf legen kann. Sie müssen indessen längere Zeit und wenigstens sechs Wochen ruhig liegen, ehe sie so fest sind, dafs sie sich, ohne zu zerbrechen, aufheben und transportiren lassen. Auch nach dieser Zeit darf man sie noch nicht starken Stöfsen aussetzen. Man kann sie daher alsdann zwar zur Ueberdeckung von Steinschüttungen benutzen, indem sie von Flöfsen aus vorsichtig auf diese herabgelassen werden. Sollen sie dagegen den Fufs der Hafenmauer sichern und herabgestürzt werden, oder eine Schüttung bilden, wobei eine gleichmäfsige Unterstützung unmöglich ist, so darf dieses nur etwa drei Monate nach ihrer Anfertigung geschehn. Die Blöcke, die ich im September 1857 formen sah, sollten erst im folgenden Jahr verwendet werden.

Digitized by Google

Bei meiner Anwesenheit in Marseille hatte ich nicht Gelegenheit, die Blöcke transportiren zu sehn, ich erfuhr nur, dafs, wenn dieses geschehn soll, zu jeder Seite einer Reihe eine Schiene gelegt wird, so dafs ein sehr weitspuriger und hoher Wagen die Blöcke überspannt. Dieser Wagen trägt eine Dampfmaschine, die sowohl an zwei durch die Rinnen gezogenen Ketten die Steine aufhebt, als auch den Wagen nach der nördlichen Seite des Bauhofes, also der beschriebenen Rüstung gegenüber, hinführt. Hier liegt eine feste Eisenbahn, auf der die Blöcke bis zum Ufer gelangen. Ueber dem Ende derselben ist eine Rüstung erbaut, die sich soweit seewärts erstreckt, dafs der Laufkrahn auf derselben die Blöcke auf Schiffe legen kann. Mittelst eines zweiten ähnlichen Laufkrahns werden sie von den Schiffen gehoben und auf eine Bahn gebracht, die auf dem angeschütteten isolirten Hafendamm liegt. Von hier bringt man sie aber mittelst besonderer Krahne auf die äufsere Dossirung. Es sollen auch in Marseille zum Versenken der Blöcke in gröfserer Tiefe, wie in Algier, Flöfse benutzt sein. Indem ich in Cette diese Art des Transports sah, so möge die Beschreibung der dortigen Anordnungen hier noch folgen.

Da die Fabrication der Bétonblöcke in Cette nicht entfernt so lebhaft betrieben wurde, wie in Marseille, so waren auch die dazu bestimmten Anlagen viel einfacher. Indem aber der Wellenbrecher hier eine freiere Lage hat, und den Stürmen mehr ausgesetzt ist, so gab man den Blöcken gröfsere Dimensionen und namentlich gröfsere Breite und Höhe, damit sie beim Herabfallen, oder wenn andre Steine von den Wellen darauf geworfen würden, nicht zerbrechen möchten. Sie hielten 12 Cubikmeter oder 388 Cubikfufs, und waren 9 Fufs 6 Zoll lang, und 6 Fufs 4 Zoll breit und eben so hoch. Der Mörtel bestand aus 1 Theil Kalk von den Brüchen bei Theil und zwei Theilen Sand. Er wurde in einer aufrecht stehenden Mörtelmaschine bereitet, deren Achse mit etwas geneigten Blättern versehn war und durch ein an einen Göpel gespanntes Pferd in Bewegung gesetzt wurde. Zu 1 Theil Mörtel kamen 2 Theile zerschlagene Steine, und die Vermengung geschah in gleicher Weise wie in Marseille durch Handarbeit. Der fertige Béton wurde aber mit Handkarren auf die Formen geschoben und darin verstürzt.

Digitized by Google

Die Darstellung der zum Durchziehn der Ketten bestimmten Rinnen auf der Bodenfläche der Bétonblöcke geschah hier in der Art, dafs man nicht Stücke Kreuzholz in die Formen legte, sondern schmale Kasten, aus drei dünnen Brettern bestehend, einsetzte, welche die Seiten und die obere Fläche der Rinne begrenzten. Sie wurden an den Enden durch aufrecht stehende Brettstückchen unterstützt, welche nach dem Querschnitt der Rinne geformt waren. Auf diese Art wurde der wichtige Vortheil erreicht, dafs man nicht durch untergeschobene Hebel den Block zuerst etwas lüften durfte, um die Kreuzhölzer zu entfernen, man brauchte vielmehr nur die letzten Brettstückchen fortzustofsen, was augenblicklich gelang, und konnte alsdann die Kette hindurchziehn. Die Seitenbretter lösten sich beim Anheben des Blocks, so dafs sie sogleich wieder gebraucht werden konnten, und das obere Brett liefs sich herausziehn, sobald der Stein auf dem Wagen lag.

Mehrere Blöcke, die bereits im vorigen Jahr geformt waren, sah ich heben und versenken. Nachdem die beiden Ketten durch die Rinnen gezogen sind, stellt man an jede lange Seite des Steins einen aus schwachem Holz gezimmerten Bock auf, an dem sich zwei verticale Schraubenspindeln im Abstande der beiden Rinnen befinden. Fig. 188 *a*, *b* und *c* zeigt die für den Transport bis zum Wasser bestimmte Einrichtung, Fig. 188 *c* stellt zwei einander gegenüber stehende Böcke in der Ansicht von vorn und von der Seite dar. Man verbindet sie, indem man einige hochkantige, mit Kämmen versehene schwache Hölzer darüber legt. Dieselben lassen zwischen sich und dem Block einen Raum von etwa 2 Fufs Höhe frei. Ueber die Rahmstücke der Böcke wird ein Bohlenboden gelegt, worauf sich die Mannschaft bewegt, welche den Block hebt. Die Spindeln sind nur im obern Theil mit Schraubengängen versehn, unten bestehn sie dagegen aus starken Stangen, die hakenförmig umgebogen sind. Hieran werden die unter dem Block hindurchgezogenen Ketten befestigt. Die Schraubenmuttern sind starke gufseiserne Cylinder mit je sechs Seiten-Oeffnungen. In diese werden sechs hölzerne Hebel eingesetzt, die ein horizontales Spill bilden, woran man die Schraubenmutter dreht und dadurch den Block hebt. Zuerst werden alle vier Ketten gleichmäfsig scharf angespannt, und indem die Winden demnächst übereinstimmend gedreht werden, so behält der Stein

Digitized by Google

seine horizontale Lage bei, während er etwa 20 Zoll hoch gehoben wird. Diese geringe Höhe genügt schon, um nicht nur einen kleinen Wagen, sondern auch die auf einem Holzrahmen befestigte Eisenbahn *B* darunter zu schieben.

Der Wagen hat gufseiserne Räder von etwa 9 Zoll Höhe, die mit Spurkränzen auf der innern Seite versehn sich um feste Achsen drehn. Der Bohlenboden, welcher den Stein trägt, befindet sich unmittelbar über den Rädern, woher die ganze Höhe des Wagens nur etwa 13 Zoll mifst. Die Bahn besteht aus quadratischen Eisenstäben von $1^1/_2$ Zoll Breite und Höhe, und diese sind auf Bohlen aufgenagelt. Sobald man die erwähnten Schraubenmuttern rückwärts dreht, setzt sich der Stein auf den Wagen, und letzterer wird alsdann fortgezogen. Hierzu ist indessen eine sehr bedeutende Kraft erforderlich, da das Gewicht der Ladung etwa 600 Centner beträgt, die Bahn aber keineswegs regelmäfsig liegt, noch auch vollständig unterstützt ist. Dazu kommt, dafs auch die Räder bei ihrer geringen Höhe und ihrer einfachen Befestigungsart sehr starke Reibung veranlassen. In der Verlängerung der Bahn war deshalb eine starke Erdwinde aufgestellt, doch auch diese genügte oft nicht, um den Wagen mit dem Block zu bewegen, alsdann wurden Brechstangen hinter die Räder auf die Schienen geschoben, und indem man diese anhob, setzte der Wagen sich in Bewegung.

Die Blöcke lagen in mehreren Reihen neben einander, die Eisenbahn mufste daher jedesmal verlegt werden, sobald man zu einer andern Reihe überging. Die Stelle, an welcher die Blöcke in das Wasser herabgelassen wurden, konnte jedoch nicht gewechselt werden, weil hier eine besondere Rüstung erbaut war. Um letztere mit den ersten Bahnen zu verbinden, war noch eine Querbahn *A* angelegt, die zum Ufer parallel gerichtet war. Sie lag etwas tiefer, als die erstere, und der erwähnte Wagen mit dem Stein wurde auf einen andern mit Geleisen versehenen Wagen *C*, also auf eine Schiebebühne gestellt. In der Richtung dieser Querbahn befand sich wieder eine Erdwinde, mittelst deren beide Wagen mit dem Stein bis vor die Rüstung gezogen wurden. Auf dieser war gleichfalls ein Geleise *D* angebracht, auf welches der obere Wagen geschoben wurde.

Die Rüstung bildete eine geneigte Ebene. Man durfte

Digitized by Google

der letztern indessen nur eine geringe Ausdehnung geben, weil sie sonst zu weit in den Hafen vorgetreten wäre und den Verkehr gestört hätte. Indem sie aber wenigstens 9 Fufs unter Wasser herabreichen mufste, so war man gezwungen, ihr das starke Gefälle von 0,16 also von 1 zu $6\frac{1}{4}$ zu geben. Zuerst hatte man versucht, den Wagen zugleich mit dem Stein mittelst einer starken Bremse herabzulassen. Man mufste jedoch hiervon abgehn, weil bei dieser Anordnung die Bewegung nicht gleichmäfsig, sondern stofsweise erfolgte und immer besorgt werden mufste, dafs man den Wagen nicht mehr würde anhalten können.

Während der Wagen noch auf der Schiebebühne steht, wird eine starke Kette um den Bétonblock geschlungen, an welche ein dreischeibiger Block befestigt ist. Ein entsprechender Block, der jedoch nur zwei Scheiben hat, befindet sich an der Rüstung E auf dem Ufer. Das über die Scheiben beider Blöcke gezogene Tau schlingt man dreimal um einen sehr solide befestigten Balken, der in dem mittlern Theil cylindrisch bearbeitet und hier 15 Zoll stark ist. Die Reibung, welche das Tau auf dieser Oberfläche erfährt, ist so grofs, dafs zwei Mann, welche das hintere Ende fassen, den Wagen mit dem Stein auf der geneigten Ebene sicher halten. Sie lassen ihn langsam hinabgehn und können ihn an jeder Stelle zum Stillstande bringen.

Die geneigte Ebene ist etwa 80 Fufs, und der unter Wasser befindliche Theil derselben etwa 60 Fufs lang. Letzterer besteht aus zwei starken Balken, die unter sich zu einem festen Rahmen verbunden, und woran die Schienen, die das Geleise bilden, mittelst Holzschrauben befestigt sind. Dieser Rahmen ruht lose auf eingerammten Pfählen, die in Abständen von 3 Fufs zwei Reihen bilden. Die Pfahlköpfe sind unter Wasser von Tauchern (in Scaphandern) nach der Schnur abgeschnitten. Um den Rahmen zu versenken, wird er am Ufer gegen zwei Pfähle so befestigt, dafs sein äufseres Ende frei herabsinken kann. An letzteres hängt man einige Gewichte an, die sich jedoch leicht wieder abheben lassen. Die Taucher untersuchen, ob er überall die Pfahlköpfe trifft. Ist dieses nicht der Fall, so läfst man ihn wieder aufschwimmen, oder man zieht auch wohl sein äufseres Ende mittelst angebundener Taue vom Ufer aus, soweit es nöthig ist, seitwärts, bis er ein ganz sicheres Lager gefunden hat. Alsdann

Digitized by Google

hängt man an den letzten Querriegel des Rahmens ein sehr schweres gufseisernes Gewicht, welches das Aufschwimmen und selbst das Verschieben bei mäfsigem Gegenstofs sicher verhindert. Hierauf untersuchen die Taucher nochmals jeden einzelnen Pfahlkopf, und wenn ein solcher den Rahmen nicht unmittelbar berührt, so treiben sie einen Keil von angemessner Stärke dazwischen. Diese Rahmen sind einer so starken Zerstörung durch den Bohrwurm ausgesetzt, dafs sie in jedem Jahr erneut werden müssen. Aus vorstehender Beschreibung ergiebt sich indessen, dafs dieses immer leicht und sicher auszuführen ist. Auch wenn die Pfähle so beschädigt sein sollten, dafs sie nicht mehr die nöthige Sicherheit bieten, so kann man andre in denselben Reihen dazwischen einrammen und abschneiden.

Ehe der Block herabgelassen wird, mufs man diejenigen Vorrichtungen treffen, welche die sichere Befestigung an den Senkapparat erfordert. Es werden zunächst die Brettchen entfernt, welche behufs der Umschliefsung der Rinnen in den Formkasten gestellt waren, und sich vielleicht von dem Béton noch nicht gelöst hatten. Sodann werden starke Ketten aus einzölligem Rundeisen durch die Rinnen soweit hindurchgezogen, dafs jede der beiden Ketten den Block in ihrer Mitte faſst. Ihre beiden Enden werden aber über dem Block leicht zusammengebunden, wie Fig. 188 *a.* zeigt, so dafs sie später bequem gefafst werden können.

Ist dieses geschehn und zugleich die erwähnte Kette mit dem Flaschenzuge umgeschlungen, so schiebt man mittelst Brechstangen und Hebebäumen den Wagen mit dem Block von der Schiebebühne *C* auf das stark geneigte Geleise *D*. Auf diesem treibt die Schwere ihn schon weiter, und es kommt nur darauf an, zu verhindern, dafs er sich nicht zu schnell bewegt. Man läfst ihn soweit herab, bis er ganz eintaucht und dadurch soviel an Gewicht verliert, dafs das Flofs ihn tragen kann.

Dieses Flofs ist Fig. 189 *a.* von der Seite und Fig. 189 *b.* von vorn und zur Hälfte im Querschnitt dargestellt. Es wird getragen von zwei grofsen hölzernen Tonnen, die 22 Fufs 4 Zoll lang sind, und deren Durchmesser in ihrer Mitte 7 Fufs 8 Zoll mifst. Zwei hochkantige einfache und zwei doppelte Balken ruhn darauf und sind mit Tauen und eingesetzten und verstrebten

Digitized by Google

Pfosten daran befestigt. Ueber diese Balken sind aber eilf schwache Hölzer gestreckt, welche den Bohlenbelag tragen, der 27 Fuſs lang und eben so breit ist. Auf letzterem stehn vier Winden, die mit guſseisernen Schrauben versehn sind. Diese greifen jedesmal in ein Schneckenrad an einer guſseisernen Trommel. Letztere ist mit einem Kranz angegossener Daumen versehn, welche in die Zwischenräume der Doppelglieder einer darüber liegenden Vaucauson'schen Kette eingreifen. Die Enden dieser Ketten sind, wie Fig. 190 zeigt, mittelst Verbindungsglieder und je eines starken Vorsteckbolzens an das entsprechende Ende der durch die Rinne unter dem Stein hindurchgezogenen Kette befestigt. An jeden Vorsteckbolzen ist aber eine Leine gebunden, woran man ihn, sobald die Spannung der Ketten aufhört, ausziehn und dadurch die Verbindung auf einer Seite lösen kann. Die Durchmesser der Trommel, des Schneckenrades und der Schraube sind so gewählt, daſs das Gewicht des unter Wasser hängenden Blocks noch so eben durch die Reibung getragen wird. Zum Herablassen des Blocks genügt also schon eine sehr geringe Kraft, womit die Winden gedreht werden.

Dieses Floſs wird über die geneigte Ebene so hinübergeschoben, daſs der Bétonblock zwischen den beiden Tonnen hängt. Die betreffenden Enden der auf den Trommeln liegenden Ketten werden mit den um den Block geschlungenen verbunden, und alle Winden scharf angezogen, so daſs das Floſs gleichmäſsig belastet ist. Alsdann läſst man das um den cylindrischen Balken am obern Ende der geneigten Ebene geschlungene Tau langsam auslaufen, wobei der Wagen mit dem Block noch etwas weiter vorrückt, und das Floſs, das ihm folgt, trägt nunmehr vollständig den daran hängenden Block, indem dieser zugleich tiefer herabsinkt. Wenn man das Floſs noch weiter bewegt, so wird der Wagen frei und kann mittelst des Flaschenzugs leicht zurückgezogen werden. Bevor der weitere Transport des Blocks beginnt, pflegt man denselben, besonders wenn er in flachem Wasser versenkt werden soll, noch etwas zu heben, und zwar werden dabei die Winden auf der Seite am stärksten angezogen, wo er am tiefsten herabsinkt. Man kann sich hiervon vom Floſs aus leicht überzeugen, indem man durch die im Bohlenbelag zu diesem Zweck frei gelaſsnen Oeffnungen mit einer Stange unter-

Digitized by Google

sucht, wie tief die obere Fläche unter Wasser liegt. Sobald der Block in die horizontale Lage gebracht ist, läfst er sich bei weiterem Aufwinden leicht in dieser erhalten, indem die vier Winden übereinstimmend gedreht werden.

Das Flofs wird nunmehr an diejenige Stelle bugsirt, wo der Block versenkt werden soll. Durch Zurückdrehn der Winden läfst man alsdann die Ketten soweit nach, dafs nicht nur der Stein auf dem Boden liegt, sondern auch einige Glieder der untern Kette sich daneben legen, also die Ketten nicht mehr belastet sind. Zieht man alsdann mittelst der erwähnten Leine an einer Seite beide Vorsteckbolzen aus, so sind die Steinketten nur noch auf der andern Seite mit den auf den Trommeln liegenden Ketten verbunden, und sobald diese Trommeln mittelst der Winde gedreht werden, so ziehn sich die Ketten aus den Rinnen und ihre Enden treten über das Flofs, wo man sie fassen und sie vollends ausziehn kann. Sollte sich aber in einer Rinne noch ein starker Widerstand finden, so ist dieser durch die kräftige Windevorrichtung jedesmal leicht zu beseitigen.

Es mufs erwähnt werden, dafs nach der Beschreibung von Poirel die Blöcke bei Algier zum Theil in derselben Weise und nahe mit denselben Apparaten transportirt und versenkt wurden, doch hatte man dabei auch andere Methoden angewendet. In Marseille sah ich aber Flöfse liegen, die mit dem beschriebenen genau übereinstimmten, während Latour und Gassend derselben nicht erwähnen, vielmehr nur das Versenken der Blöcke von einem grofsen Fahrzeug aus darstellen, welches mit einem weit über den Bug vortretenden Hebebock versehn ist.

Die Operation des Versenkens der Blöcke gestaltet sich wesentlich anders an solchen Küsten, wo starker Fluthwechsel statt findet, wie zum Beispiel in Cherbourg. Wendet man dabei einen besonders schnell erhärtenden Mörtel an, so läfst sich der Landtransport auf den Eisenbahnen ganz umgehn. Zur Zeit des niedrigen Wassers werden nämlich die künstlichen Steine geformt, und an derselben Stelle, wo dieses geschehn ist, kann man sie beim Hochwasser mit dem Flofs heben und dahin bringen, wo sie versenkt werden sollen. Der gröfsern Sicherheit wegen wählte man hier aber statt der beiden Tonnen zwei Seeböte, wozwischen der Block hing. Es ist hiervon bereits bei

Digitized by Google

Beschreibung des Cherbourger Hafens (§ 36) die Rede gewesen, auch zugleich mitgetheilt, dafs man daselbst eine Menge Bétonblöcke gleich an Ort und Stelle formte, so dafs der Transport ganz unterblieb, und dafs man schliefslich statt einzelne Blöcke zu verwenden, den obern Theil der Steinschüttung im Zusammenhange übermauerte. Es bleibt nur hinzuzufügen, dafs wegen der kurzen Dauer des Hochwassers und bei der grofsen Gefahr, welcher die Fahrzeuge ausgesetzt sind, wenn sie durch den Wellenschlag, der hier nur selten sich mäfsigt, bei eintretender Ebbe auf den Steingrund stofsen, eine besondere Vorsicht nöthig ist, um die Blöcke, sobald sie auf die bestimmte Stelle gebracht sind, augenblicklich zu lösen und herabfallen zu lassen. Das langsame Versenken auf den Grund und das Ausziehn des Vorsteckbolzens, wenn die Kette nicht mehr gespannt ist, war daher hier nicht anwendbar. Die Blöcke hingen in zwei Ketten, welche wieder durch Rinnen in der Bodenfläche gezogen waren. Das eine Ende jeder Kette wurde an den Balken befestigt, der beide Böte verband, das andere dagegen war mit derselben Zange gefafst, die bereits § 65 beschrieben und in Fig. 179 auf Taf. XXXV dargestellt ist. Sobald man durch gleichzeitiges Anziehn der Leinen die beiden Zangen öffnet, welche ein Ende jeder Kette fassen, so werden die Ketten augenblicklich gelöst, die Steine stürzen herab, und die Ketten können an den andern Enden wieder aufgeholt werden. Bei diesen Zangen ist aber noch dafür gesorgt, dafs sie sich nicht vielleicht zu frühzeitig öffnen, indem zufälliger Weise gegen die Leinen gestofsen und dieselben dadurch angezogen werden. Zunächst liegt der Hebel in einem festen eisernen Rahmen, so dafs er vor einer Berührung mit andern Körpern vollständig gesichert ist. Aufserdem ist er noch mit einer zweiten Leine verbunden, die ihn stark abwärts zieht, und zunächst gelöst werden mufs, ehe er mittelst der erstern gehoben werden kann.

Die in Cherbourg verwendeten Blöcke hielten 15 Cubikmeter oder 485 Cubikfufs und unterschieden sich von andern noch dadurch, dafs die Kanten abgestumpft waren, indem man diagonal durchschnittene Kreuzhölzer in die Ecken der Formkasten gestellt hatte.

Der Cubikfufs Bétonblock mit Einschlufs aller Nebenausgaben,

Digitized by Google

wie Transport, Geräthe und sonstige Einrichtungen kostete in Marseille 0,46 Mark, in Cherbourg dagegen 1,37 Mark.

Schliefslich wäre noch eines eigenthümlichen Verfahrens zu erwähnen, wodurch man für Mauern aus Bétonblöcken in tiefem Wasser ebene und horizontale Grundflächen gebildet hat. Bei der im Jahr 1873 beendigten Verlängerung des südlichen Hafendamms bei Aberdeen um etwa 1000 Fufs, kam ein solches zur Anwendung. Der Untergrund bestand zunächst aus gewachsenem Felsen, ging aber weiterhin in eine Ablagerung von Steingerölle und Kies und endlich in festen Thonboden über, der gleichfalls mit Kies überdeckt war.

Durch Taucher wurden die in der Richtung des Damms liegenden einzelnen Steine beseitigt und alsdann erfolgte die Ausebenung dadurch, dafs man Säcke aus Segeltuch versenkte, die mit frisch angemachtem Béton gefüllt waren, die sich also nicht nur an alle Unebenheiten des Grundes anschlossen, sondern auch in ihrer Oberfläche durch Taucher in angemessener Weise sich ausbreiten und abgleichen liefsen.

Um den Béton möglichst unversehrt hinabzubringen, wurde er nicht unmittelbar in die Säcke geschüttet, vielmehr in grofse und mit Bodenklappen versehene eiserne Kasten, die an weit übergreifenden Krahnen hingen. Zwei solcher Kasten nahmen jeder etwa 100 und ein dritter etwa 300 Cubikfufs Béton auf. Man zog darüber einen Sack, der noch etwas mehr fassen konnte, und befestigte ihn leicht über dem Kasten. Alsdann wurde dieser an der Stelle herabgelassen, die man erhöhen wollte, und öffnete mittelst Leinen die Klappen des Kastens. Der Taucher löste den Sack, worauf der Kasten leer heraufgezogen wurde. Nachdem nunmehr der eingeschlofsne Béton in passender Höhe geebnet war, wurden darüber die Bétonblöcke von 200 bis 450 Cubikfufs Inhalt bis 1 Fufs über Niedrigwasser versetzt. Die weitere Erhöhung des Damms bis zur Krone geschah durch Bétonschüttung zwischen Holzwänden, die wieder mit Leinwand verkleidet waren. Man bildete aber dabei kleinere Abtheilungen von so geringer Ausdehnung, dafs man dieselben schneller füllen konnte, als die Fluth anstieg, so dafs die Oberfläche des frisch geschütteten Bétons immer über Wasser blieb. Konnte die Schüttung aber nicht schnell genug erfolgen, so stürzte man Bétonblöcke mit

Digitized by Google

hinein, um immer über Wasser zu bleiben. Endlich wurde noch der äufsere Fufs des Damms durch davor gelegte Bétonsäcke gesichert.*)

§ 69.

Der Hafen von Marseille.

Die Sicherung der Hafendämme durch Bétonblöcke hat vielfach in Frankreich Anwendung gefunden. Nirgend ist dieses aber in gröfserem Maafse geschehn, als bei Marseille.

Marseille ist schon seit längerer Zeit einer der frequentesten Handelshäfen in Frankreich, und der Verkehr hat in der letzten Zeit noch übermäfsig zugenommen. Die dortige Handelskammer erwähnt, dafs der Tonnengehalt der eingekommenen Schiffe im Jahr 1827 nur 849 000 Tons, 1856 dagegen 3 590 000 Tons betragen habe. Veranlassung zu dieser Zunahme gab nicht nur die gesteigerte Handelsverbindung mit der Türkei, Kleinasien und Aegypten, sondern auch die Eisenbahn, die endlich Marseille mit dem Innern Frankreichs verband, während die Gebirgsstrassen bisher den Verkehr in dieser Richtung sehr erschwerten. Die seit 30 Jahren bereits eingetretenen wesentlichen Verbesserungen und Erweiterungen des Hafens haben ohne Zweifel hierzu mit beigetragen, da früher oft der Fall eintrat, dafs die ankommenden Schiffe wegen Ueberfüllung des Hafens oder wegen ungünstigen Windes nicht einlaufen konnten, und auf der Rhede bei südlichen oder südöstlichen Stürmen grofsen Gefahren ausgesetzt blieben. Eine weitere Ausdehnung des Verkehrs hat die Eröffnung des Suez-Canals veranlafst, wenn freilich die in dieser Beziehung früher gehegten Erwartungen, wie es scheint, nicht vollständig n Erfüllung gegangen sind. Die neuere grofsartige Erweiterung des Hafens wurde vorzugsweise mit Rücksicht auf den in Aussicht stehenden directen Verkehr mit dem Orient durch diesen Canal veranlafst.

---

*) Entnommen aus den in London erscheinenden Zeitschriften: Engineering und the Engineer, December 1874.

Digitized by Google

Die commercielle Bedeutung des Hafens von Marseille ist insofern überraschend, als die Verbindung desselben mit dem Binnenlande vor dem Bau der Eisenbahn für einen lebhaften Verkehr ganz ungeeignet war, und auch gegenwärtig wegen der starken Steigungen noch viel zu wünschen übrig läfst. Eine Wasserverbindung fehlt aber ganz, und ist wegen des gebirgigen Bodens, der auch nicht die nöthigen Quellen zur Speisung eines Schiffahrts-Canals liefert, nicht ausführbar. Der Canal du Midi setzt sich bis zur Rhône bei Tarascon fort, und etwa 2 Meilen weiter abwärts, bei Arles, umgeht ein andrer Canal, der Canal von Arles genannt, die Mündung der Rhône, indem er in südöstlicher Richtung nach dem Hafen Bouc, in die Mündung des Etang de Berre geführt ist, wozu in neuster Zeit noch der für Seeschiffe fahrbare Canal gekommen ist, der die Rhône bei Tour St. Louis mit dem Golfe de Foz verbindet (§ 40 a). Die auf der Rhône oder dem Canal du Midi bis ans Mittelländische Meer beigeführten Güter müssen also etwa 7 Meilen weit über die offene See, wo überdies Stürme und heftiger Wellenschlag oft plötzlich eintreten, nach Marseille verfahren und hier aufs Neue umgeladen werden. Dieser Verkehr, obwohl sehr kostbar, ist dennoch von grofser Ausdehnung und übertrifft bei Weitem denjenigen, der unmittelbar von Marseille aus landwärts gerichtet ist, indem die sterilen Umgebungen weder Getreide oder andre Ausfuhrartikel liefern, noch auch die spärliche und arme Bevölkerung hier eine erhebliche Einfuhr fremder Güter veranlafst. In letzter Beziehung ist freilich die Stadt Marseille selbst wichtig, aber der grofsartige Verkehr beschränkt sich vorzugsweise und beinahe ausschliefslich auf solche Frachten, die seewärts einkommen und seewärts wieder ausgeführt werden, also nur vorübergehend hier lagern, oder auch sogleich nach ihren verschiedenen Bestimmungsorten auf andern Schiffen versendet werden. Hierzu kommt der in neuerer Zeit ausschliefslich durch Dampfböte vermittelte starke Personenverkehr, der sich nicht nur über das Mittelländische Meer, sondern bis Ostindien und China ausgedehnt hat.

Der Hafen von Marseille, wenn auch durch die Kunst und namentlich in neuster Zeit wesentlich verbessert, ist schon durch seine Umgebungen mehr als die meisten andern Seehäfen

Digitized by Google

begünstigt. Die Küste des Département du Var tritt in südlicher Richtung weit in das Mittelländische Meer hinein, sie besteht aus Kalkfelsen, die meist bis zu grofser Tiefe steil abfallen. Ein eigentlicher Strand kommt vor denselben nur in den geschützten Buchten vor, und sonach fehlen im Allgemeinen hier die Sand- und Kiesmassen, welche sonst die Hafenmündungen bedrohn. Die gelösten Steinbrocken sinken bis zu solcher Tiefe herab, wo sie nicht mehr von den Wellen fortgetrieben werden. Der westliche Theil dieses vortretenden Ufers fällt schon in das Département Bouches du Rhône, und in diesem liegt Marseille und zwar an einer Küste, die sich von Norden nach Süden erstreckt. Auf der Südseite des Hafens springt das Vorgebirge Endoume in südwestlicher Richtung weit vor, und demselben gegenüber liegen die Felseninseln Ratoneau und Pomégue, die sich bis auf eine Viertel Meile ihm nähern. Diese Inseln, die man auch den Frioul nennt, sind bereits früher erwähnt worden, indem sich dazwischen der Quarantaine-Hafen befindet (§ 29), auch auf ihnen das Steinmaterial für die Hafenbauten gewonnen wird (§ 63). Die zwischen diesen Inseln und dem Festland liegenden Klippen oder kleinen Inseln mäfsigen noch mehr den Wellenschlag. Südlich davon war die frühere Rhede, und die daselbst ankernden Schiffe waren gegen westliche, nördliche und östliche Winde geschützt, nur bei südlichem und noch mehr bei südwestlichem Wind traf sie der stärkere Wellenschlag, doch konnten sie alsdann in den Hafen einsegeln. Die Rhede hat guten Ankergrund, nur treten aus demselben einzelne Klippen hervor, von denen sich eine bis auf 1 Fufs unter den gewöhnlichen Wasserstand erhebt. Diese Klippen sind durch Buoyen und zum Theil durch aufgemauerte Säulen bezeichnet, während das Château d' If, das auf einer höhern Klippe steht, gleichfalls zur Orientirung dient.

Wenn die Schiffe den Hafen einlaufen, müssen sie das Vorgebirge du Pharo umsegeln, das im Situationsplan Fig. 191 angegeben ist, und schliefslich südöstlich steuern, um die Hafenmündung zu gewinnen. Diese mehrfache Veränderung des Curses ist für Segelschiffe oft nicht ausführbar, wie bereits § 38 erwähnt wurde, die Schwierigkeit hat jedoch heutiges Tages ihre Bedeutung verloren, indem Dampfschiffe die Segelschiffe ein- und ausschleppen.

Digitized by Google

Der alte Hafen wird mit Ausnahme seiner Mündung von höhern Ufern nicht berührt, ihn umgiebt vielmehr im Norden, Osten und Süden eine flache Niederung, auf der die Stadt erbaut ist. Ohne Zweifel hatte das tiefe Wasserbecken früher eine noch gröfsere Ausdehnung, und die allmälige Verschüttung desselben erfolgte wohl mehr durch den vom Gebirge gelösten und unmittelbar hineingeführten Kies, als durch Anspülung beim Wellenschlag. So hatte die Natur hier einen Hafen von grofser Ausdehnung gebildet, in welchem die Schiffe gegen alle Winde geschützt sind, weil die weit vortretende Felsecke die Mündung so sehr beschränkt, dafs selbst bei einstehenden Winden die Wellen sich verbreiten, und dadurch ihre Kraft verlieren. Die Mündung ist aber nach Nordwest gekehrt, und in dieser Richtung liegt die Küste so nahe, dafs der Wellenschlag schon an sich nicht bedeutend ist. In der ganzen Ausdehnung des Hafens ist der Felsboden mit feinem Kies überdeckt, und bietet sonach überall einen guten Ankergrund. Bélidor*) meint, es gäbe keinen günstiger gelegenen Hafen, und gewifs mufs man dieser Ansicht beistimmen, wenn man von andern in neuerer Zeit ausgeführten grofsartigen Anlagen absieht.

Ueber den damaligen Zustand des Hafens (unter Ludwig XIV.) macht Bélidor einige interessante Mittheilungen. Es kamen schon Baggerarbeiten vor, die mit dem von Bélidor ausführlich beschriebenen Löffelbagger ausgeführt wurden, den ich noch vor wenig Jahren in Toulon in Thätigkeit fand. Die Mündung war 280 Fufs weit, doch durch zwei massive Pfeiler unterbrochen, von denen die beiden mittleren eine Oeffnung von 106 Fufs frei liefsen. Die beiden Seitenöffnungen, von geringerer Weite, waren durch Ketten gesperrt, und in jeder Nacht wurde auch vor die mittlere eine schwere Kette gezogen und angeschlossen. Bélidor sagt ferner, dafs früher hier die Galeeren lagen, zu deren Aufnahme der in der südöstlichen Ecke des Hafens befindliche Canal diente, dieselben wurden aber 1748 nach Toulon verlegt.

Was den neuern Zustand des alten Hafens betrifft, so zeigt Fig. 191 seine Lage und Ausdehnung. Er ist 252 Ruthen lang, 80 Ruthen breit. Die Mündung ist 21 Ruthen weit. Seine Fläche

*) Architecture hydraulique. Vol. IV. Tome II. Livre II. Chap. III.

Digitized by Google

mifst 105 Morgen und es finden darin bis 900 Schiffe Platz. Die Tiefe, die durch Baggern erhalten wird, ist sehr verschieden. Man beabsichtigte, dieselbe durchweg auf 6 Meter oder 19 Fufs zu bringen, doch war dieses vor mehreren Jahren noch nicht entfernt erreicht. Die obern Ablagerungen, die besonders von den einmündenden Abzugsrinnen der Stadt herrühren, bestehn in einem sandigen Schlamm. Vergleichungsweise gegen andre Häfen, die durch keine hindurchgehende Strömung gereinigt werden, ist die Verflachung aber nur sehr mäfsig. Massive Kais umgeben den ganzen Hafen, doch liegen diese so niedrig, dafs sie bei starken Anschwellungen bei heftigem Südwestwinde inundirt werden. Fluth und Ebbe wird, wie mir von den dortigen Ingenieuren gesagt wurde, nicht bemerkt.

Der Hafen hatte früher noch eine zweite nach Norden gerichtete Mündung, östlich von dem Fort St. Jean, die jedoch nur von kleineren Fahrzeugen benutzt werden konnte. Der Canal in der südöstlichen Ecke des Hafens, der ursprünglich zur Stationirung der Galeeren bestimmt war, diente später zur Reparatur und zum Neubau von Schiffen. Indem die Stadt, die in älterer Zeit den Hafen nur im Norden begrenzte, sich weiter und bis auf die Südseite ausdehnte, so war jene Schiffsbaustelle zu gefährlich gelegen, und man richtete daher etwa vor 40 Jahren einen besondern Schiffsbau-Hafen in der südwestlichen Ecke neben dem Fort St. Nicolas ein, der in der Situationszeichnung gleichfalls angegeben ist. Jener Canal, der nunmehr Canal de la Douane heifst, und der 40 Fufs breit und $6^1/_2$ Fufs tief ist, dient vorzugsweise, um die unter Steuerverschlufs lagernden Güter nach den Magazinen auf der von ihm umschlossenen kleinen Insel zu bringen.

Unerachtet der bedeutenden Gröfse des Hafens kam es seit dem Jahre 1840 doch wiederholentlich vor, dafs die ankommenden Schiffe darin nicht Platz fanden, und deshalb vor der Mündung ankern mufsten, wo sie aber bei südwestlichen Winden ungeschützt und gefährlich lagen. Die ungenügende Tiefe im Hafen trug auch wesentlich zur Ueberfüllung desselben bei, indem die grofsen Schiffe nicht ans Ufer gelegt werden konnten, also die Ladungen mittelst Lichter eingenommen und gelöscht wurden. Für letztere mufste aber immer die Fahrt frei bleiben.

Digitized by Google

Das Bedürfnifs zur Vergröfserung des Hafens stellte sich unter diesen Umständen immer dringender heraus, indem aber die Schüttung der Hafendämme im tiefen Wasser nach den frühern Methoden theils übermäfsig kostbar, theils aber auch nicht gesichert erschien, so dachte man zunächst daran, ein neues Hafenbassin auf dem Lande auszugraben. Sganzin erwähnt dieses Projectes. Eine halbe Meile südlich vom Hafen mündet in einem weit geöffneten und ausgedehnten Thal ein kleiner Bach, die Havenune. In der Richtung desselben wollte man einen zweiten, also von dem ersten ganz getrennten Hafen anlegen.

Von diesem Project ging man indessen bald ab, und 1844 wurde der Bau des Bassin Joliette begonnen, das im Jahr 1857 vollendet und in Gebrauch genommen war. Damals wurde auch schon die Verlängerung des westlichen Damms nach Norden zu angeschüttet. Dieses Bassin umfafst eine Fläche von 115 Morgen und die Tiefe darin ist meist selbst für die gröfsten Schiffe überflüssig grofs. Es hat auf der Südseite eine Mündung von 127 Fufs Weite, eine zweite auf der Nordseite ist nur halb so weit und durch eine zweiflügelige Drehbrücke überspannt. Eine dritte Mündung verband anfangs auf der Ostseite des Forts St. Jean noch dieses Bassin mit dem alten Hafen. Die Verbindung ist jedoch später eingegangen. Im Jahr 1857 war bereits, wie auch im Situationsplan angedeutet ist, der Canal durch eine Mauer gesperrt, und an jeder Seite derselben befand sich ein Trockendock, deren eines im neuen Bassin und das andre im alten Hafen seinen Eingang hatte. Beide Docks waren durch je ein Pontonthor geschlossen und eine Dampfmaschine, die neben der Mauer aufgestellt war, diente zum Auspumpen beider.

Das Bassin Joliette ist rings mit Kais umgeben. Auf dem nördlichen Abschlufsdamm befinden sich Schuppen, die zum Theil unter Verschlufs der Douane stehn. Der seeseitige Abschlufsdamm tritt auf der Südseite bedeutend vor und dient dadurch zum Schutz des gemeinschaftlichen Vorhafens, in welchem die Schiffe vor Anker liegen. Die Erfahrung hat indessen gezeigt, dafs dieser Liegeplatz bei westlichen Winden keineswegs sicher ist. Wiederholentlich sind Schiffe hier vor den Anker getrieben und am Felsufer gestrandet.

Auch dieses Bassin entsprach noch nicht dem Bedürfnifs und

Digitized by Google

man überzeugte sich bald, dafs namentlich mit Rücksicht auf die Eröffnung des Suez-Canals die Hafenanlage bedeutend vergröfsert werden müsse. Das Fig. 191 in punktirten Linien dargestellte Project wurde am 25. Februar 1862 von der Handelskammer in Marseille genehmigt. Dasselbe ist seitdem theilweise zur Ausführung gekommen, dabei jedoch in mehrfacher Beziehung geändert. Die in nördlicher Richtung an das Bassin Joliette sich anschliefsenden vier Bassins sind mit manchen Aenderungen vollendet. In demjenigen, welches ursprünglich Bassin impérial heifsen sollte, fehlt indessen die unmittelbare Verbindung mit der See. Darüber hinaus setzt sich der Hafendamm noch etwa 150 Ruthen weit fort und schützt hier einen zweiten Vorhafen. Bis zum Cap Pinéde ist das Ufer in der angegebenen Linie hinausgeführt und mit Mauern eingefafst, auch mit vortretenden Dämmen zum Löschen und Laden versehn, doch scheinen diese in andrer Weise angelegt zu sein, als die Zeichnung angiebt. Die im Halbkreis projectirten Trockendocks sind nicht zur Ausführung gekommen, dagegen hat man beim Verschütten des Ufers eine Wasserfläche offen gelassen, die einen kleinen Hafen zum Ausbessern der Schiffe bildet und die in das Bassin Napoleon mündet. Endlich ist der Wellenbrecher ganz fortgefallen. Dafs aber bei der letzten Aenderung der Regierungsform in Frankreich auch die darauf bezüglichen Namen verändert sind, bedarf kaum der Erwähnung; die Bassins Napoleon und Imperial heifsen jetzt Gare maritime und Bassin national.

Vor dem Bassin du Lazaret befindet sich, wie schon früher beabsichtigt wurde, ein ausgedehnter Bahnhof und die Geleise sind nicht nur auf der Ostseite der sämmtlichen Bassins, sondern nördlich vom Bassin d'Aréne auf einer Brücke auch auf den westlichen Seedamm hinübergeführt.

Der Hafen ist für die ankommenden Schiffe bei Tage durch die hohen Ufer und noch höheren Kuppen der Gebirge sehr deutlich markirt, während der Dunkelheit dienen dagegen verschiedene Feuer zur Orientirung. Der Schiffer erblickt zuerst den hohen Thurm auf dem Felsen Planier, der 8 Seemeilen südwestlich vom alten Hafen im offenen Meer liegt. Auf demselben brennt 128 Fufs über dem Spiegel der See ein Blickfeuer erster Ordnung, dessen Periode 30 Secunden beträgt. Es besteht seit 1802 und wurde 1829 mit dem dioptrischen Apparat versehn.

Digitized by Google

Ein zweites Feuer befindet sich östlich von den Inseln Pomégue und Ratoneau auf Chateau d' If, und steht auf einem isolirten Felsen. Dieses Feuer ist ein festes, vierter Ordnung und 67 Fufs über dem Spiegel der See. Seine Entfernung von der Mündung des alten Hafens mifst in gerader Linie etwas weniger, als 2 Seemeilen. Es ist erst 1863 eingerichtet.

Die Einfahrt in den neuen Vorhafen wird durch zwei Feuer bezeichnet, von denen das eine auf dem südlichen Kopf des Damms vor dem Bassin Joliette, und das andre auf der am weitesten vortretenden Ecke des gegenüberliegenden Ufers am Fufs der Anhöhe steht, worauf das kaiserliche Lustschlofs erbaut ist. Das erste derselben ist ein festes rothes Feuer dritter Ordnung, 73 Fufs über dem Meer. Es wurde 1855 zuerst angezündet. Das zweite, Tête de More genannt, ist ein Blickfeuer vierter Ordnung, das in der Periode von je 3 Minuten einen starken Schein wirft, dem eine kurze vollständige Verfinsterung vorangeht und folgt. Es brennt seit 1837 und zwar in der Höhe von 60 Fufs über dem Seespiegel.

Ein fünftes Feuer befindet sich im Fort St. Jean unmittelbar an der nördlichen Seite der Mündung des alten Hafens. Es ist ein festes Feuer vierter Ordnung, 92 Fufs über Wasser und besteht schon seit 1745, während es 1840 mit einem verbesserten Apparat versehn wurde.

Die drei letzterwähnten Feuer sind in der Situations-Zeichnung angegeben und mit dem Buchstaben *L* bezeichnet. Aufserdem wird die südliche Einfahrt in das Bassin Joliette noch zu beiden Seiten durch hellbrennende Laternen markirt.

Es wäre noch eine Anlage zu erwähnen, die zwar vorzugsweise im Interesse der Stadt zur Ausführung gekommen ist, von der jedoch auch die Schiffahrt den wesentlichsten Nutzen zieht. Sie betrifft das zur Versorgung der Schiffe erforderliche Wasser. In Marseille fehlte es bisher an solchem, die Bäche in der Nähe versiegten während der Dürre, die Brunnen gaben nur wenig und schlechtes Wasser und man sah sich daher vorzugsweise auf Cisternen beschränkt. Dieser Mangel ist ums Jahr 1847 durch eine Wasserleitung beseitigt, der sich in Rücksicht auf ihre Ausdehnung und die zu überwindenden Terrainschwierigkeiten nur wenige neuere an die Seite stellen. Von der Durance, die

Digitized by Google

noch 30 Meilen weiter aufwärts schiffbar ist, wird neben dem Städtchen Pertuis das Wasser entnommen und mit Verfolgung der Thäler auf weitem Umwege nach Marseille geleitet. Die Leitung, die man den Canal von Marseille nennt, mifst $12^1/_2$ Deutsche Meilen, davon sind 2 Meilen unterirdisch. Das wichtigste Bauwerk ist dabei der Aquaduct von Roquefavour, der 1274 Fufs lang ist, und sich 258 Fufs über die Thalsohle erhebt. Oestlich von Marseille, neben dem botanischen Garten, befindet sich in bedeutender Höhe über der Stadt das übermauerte Sammelbassin, worin auch die Vorrichtungen zum Filtriren des Wassers angebracht sind, bevor dasselbe in die Leitungsröhren tritt. Der Erbauer der Wasserleitung ist der damalige Hafeningenieur Montricher.

§ 70.

Schwimmende Wellenbrecher.

Indem die sämmtlichen bisher beschriebenen Hafendämme sehr kostbar, und bei mehreren derselben dennoch wesentliche Mängel unverkennbar sind, so erklärt es sich, dafs sowohl Ingenieure, wie Seeleute und selbst Personen, denen der Gegenstand ganz fremd war, mit mancherlei Erfindungen auftraten, wodurch sie denselben Zweck sicherer und mit geringeren Kosten zu erreichen hofften. Gewifs würde es sich nicht rechtfertigen, diese Vorschläge, soweit sie bekannt geworden sind, ausführlich zu beschreiben oder zu beurtheilen, aber dennoch dürfen dieselben nicht ganz mit Stillschweigen übergangen werden, weil sie zum Theil wirklich versucht worden sind, also bereits Erfahrungen darüber vorliegen, und sodann auch, weil dieselben Vorschläge sich immer aufs Neue zu wiederholen pflegen. Dazu kommt noch, dafs die Erfolge im Gebiet der Technik während der letzten Jahrzehnte kaum noch gestatten, irgend eine Idee als ganz verwerflich zu bezeichnen, da eine solche vielleicht bei sorgfältiger und wissenschaftlicher Behandlung zu wichtigen Resultaten führt.

Am 29. Juni 1860 beschlofs das Oberhaus des Englischen Parlaments, „es solle eine Special-Commission ernannt werden, um zu untersuchen, in wiefern es thunlich sei, die Schiffe längs der dortigen Küsten mehr zu schützen, als gegenwärtig, indem

Digitized by Google

eine Constructionsart für Wellenbrecher und Hafendämme eingeführt wird, die weniger kostbar und für manche Gegenden mehr geeignet ist, als das System der festen Mauern, das bisher üblich war. Ferner solle dieselbe sich auch darüber äufsern, ob ein solcher Plan zugleich für die Landes-Vertheidigung dienlich sei."

Die Commission vernahm unter dem Vorsitz des Lord Somerhill während des Monats Juli in sieben Sitzungen sowohl diejenigen Personen, die neue Erfindungen gemacht hatten, als auch verschiedene Sachverständige, welche aufgefordert wurden, sich darüber auszusprechen. Die erstern waren, wie immer geschieht, von der Vortrefflichkeit und allgemeinen Nützlichkeit ihrer Erfindungen so innig überzeugt, dafs sie jedes Bedenken dagegen zurückwiesen und das Mifsglücken mancher bereits angestellten Versuche entweder in Abrede stellten oder es durch zufällige Umstände und oft sogar durch absichtliche fehlerhafte Ausführung und nachlässige Unterhaltung erklärten. Viel wichtiger sind die zum Theil sehr eingehenden und unbefangenen Aeufserungen der Sachverständigen, die im Allgemeinen sich gegen sämmtliche Vorschläge aussprachen.

Der unter dem 2. August 1860 erstattete Bericht besagt, die Commission habe von den verschiedenen Vorschlägen, namentlich zu schwimmenden Wellenbrechern, die ihr mitgetheilt wären, Kenntnifs genommen und darüber die Ansichten der Sachverständigen gehört, sie sei jedoch nicht im Stande, der Regierung die Ausführung irgend eines dieser Pläne zu empfehlen. Mit Rücksicht auf die sehr grofsen Kosten der bisher üblichen Constructions-Arten sei sie jedoch der Ansicht, dafs die mäfsige Summe von 10 000 Pfund bewilligt werden möge, um zu versuchen, ob diejenigen Vorschläge, welche am meisten ein günstiges Resultat erwarten lassen, vielleicht zu Methoden führen, wonach mit geringern Kosten Menschen und Güter geschützt werden können.

In der folgenden Andeutung dieser verschiedenen Vorschläge müssen zunächst diejenigen erwähnt werden, welche sich auf *schwimmende Wellenbrecher* beziehn. Die hieher gehörigen Erfindungen sind aber unter sich wieder wesentlich verschieden. Bei einigen derselben soll die Wellenbewegung durch schwimmende Körper, die *wenig eintauchen* und nur wenig über die Oberfläche vorragen, gemäfsigt oder ganz aufgehoben

Digitized by Google

werden. Dafs dieselben die beabsichtigte Wirkung in gewissem Grade veranlassen, ist nicht in Abrede zu stellen, wie sich bereits aus der Untersuchung der Wellenbewegung ergab (§ 6). Die Wassertheilchen in der Oberfläche beschreiben die gröfsten kreisförmigen Bahnen, und wenn sie von festen Körpern theils zurückgehalten werden, und theils neben diesen vorbeistreichen, so vermindert sich ihre Geschwindigkeit, wodurch die vollständige Ausbildung der Wellen gestört wird. Haben die schwimmenden Körper nur geringe Ausdehnung, so dafs sie leicht der Bewegung der umgebenden Wassertheilchen folgen, so wird die Wirkung nur geringe bleiben. Letztere dürfte sich dagegen am vortheilhaftesten gestalten, wenn diese schwimmenden Körper in der Richtung der Bewegung der Wellen (also normal gegen den Kamm der Wellen) solche Breite haben, dafs sie von dem umgebenden Wasser zum Theil nach vorn und zum Theil rückwärts geschoben werden. Die Breite der Wellenbrecher müfste also dem halben Abstande zweier Wellenrücken gleich sein. Hierauf hat man gemeinhin nicht Rücksicht genommen, vielmehr legte man die Balken oder Cylinder in der Art, dafs sie dem Kamm der Wellen parallel gerichtet waren. Man glaubte bei dieser Anordnung eine gröfsere Oberfläche zu beruhigen, aber gerade dadurch wurde die Bewegung des Wassers am wenigsten gestört. Wenn der Capitän E. Belcher mittheilt, er habe in der Brandung vor der Africanischen Küste sein Schiff dadurch gerettet, dafs er aus langen Hölzern und Böten ein Flofs bildete und hinter dasselbe sein Schiff brachte, so hatte dieser einfache Wellenbrecher vielleicht eine solche Richtung, dafs er in der bezeichneten Art das Wasser beruhigte. Andrerseits leidet es auch keinen Zweifel, dafs selbst kleinere schwimmende Körper, wenn sie in so grofser Anzahl vorhanden sind, dafs sie in weiter Ausdehnung die Oberfläche bedecken, gleichfalls eine auffallende Abstillung der See veranlassen. Wenn vor dem Ufer der Ostsee zerbrochenes Eis in der Breite von etwa 100 Ruthen und darüber liegt, wird der Wellenschlag in hohem Grade gemäfsigt. Man mufs dabei aber die Brandung von der regelmäfsigen Wellenbewegung oder der Dünung unterscheiden. Letztere verschwindet nicht so bald, doch vermindert sich ihre Höhe, wenn sie unter einer gebrochenen Eisdecke fortläuft. Im offenen Wasser wird die Welle höher,

Digitized by Google

wenn sie eine Barre oder Untiefe antrifft, schwimmt auf der letztern dagegen zerbrochenes Eis und zwar in weiter Ausdehnung, so werden die Wellen oder die Dünung hier sogar niedriger, als im offnen Meer. Die Brandung hört dagegen jedesmal ganz auf, wenn das Wasser mit Eisklumpen dicht bedeckt ist. Selbst Fischernetze oder Segel, die auf der See treiben, verhindern die Brandung, und hiermit hängt auch die Wirkung des Oels zusammen, die schon Franklin beobachtete, und von der, wie oben mitgetheilt wurde, in früherer Zeit die Lootsen in Pillau Nutzen zogen.

In den erwähnten Commissions-Vernehmungen wurden sehr verschiedene Ansichten über die Wirkung der auf der Oberfläche schwimmenden Körper ausgesprochen. Der Hydrograph der Admiralität, J. Washington, bezeichnete dieselbe als ganz unbedeutend. Aus dem Log-Buch des Capitän M' Clintock wies er nach, dafs in einer Eismasse, die etwa eine geographische Quadratmeile Ausdehnung hatte, die Dünung noch 5 Fufs und in der Nähe des offenen Wassers 10 Fufs mafs, während sie in dem letztern nur um $3^1/_2$ Fufs gröfser war. Er sprach auch die Ansicht aus, dafs die Abstillung in der sogenannten Sargassa-See, oder in dem von dem Golfstrom rings umflossenen Theil des Atlantischen Oceans, nicht die Wirkung des daselbst schwimmenden Seetangs sei, sondern allein davon herrühre, dafs hier mit seltenen Ausnahmen immer Windstille herrsche. Endlich meinte er, dafs ausgeworfene Netze und Hölzer kleinen Fahrzeugen und namentlich Fischerböten wohl einigen Schutz gewähren könnten, wenn sie trieben, nicht aber, wenn sie, wie beim schwimmenden Wellenbrecher der Fall ist, vor Anker lägen. Diese letzte Auffassung dürfte wohl zweifelhaft sein, da die Wellenbewegung durch frei schwimmende Körper doch nicht in gröfserm Maafse geschwächt werden kann, als wenn sie durch Anker gehalten werden. Gewifs darf man nicht von einzelnen flachen Schwimmern bedeutende Wirkung erwarten, wie auch die Versuche dieser Art zu keinen merklichen Resultaten geführt haben.

Der Admiral Tayler sagte aus, er habe schwimmende Wellenbrecher in Ciotat und Brighton ausgelegt, sie auch für Hâvre empfohlen. In Bezug auf diesen letzten Hafen habe Arago sich sehr dringend für die Ausführung ausgesprochen und erklärt, dafs

Digitized by Google

dieses Princip eine neue Aera des Hafenbaues eröffne. Die schwimmenden Wellenbrecher vor Ciotat sind nicht nur wirklich ausgeführt, sondern haben auch einige Jahre in der See gelegen. Die nähere Beschreibung derselben dürfte sich hiernach rechtfertigen.

Tayler theilte mit, er habe daselbst vierzehn Stück ausgelegt. Sie hätten 6 Fufs über das Wasser heraufgereicht, während ihre Kiele 18 Fufs darunter sich befanden. Zwei Jahre hindurch hätten sie gelegen und vor der Hafenmündung auffallend ruhiges Wasser erzeugt. Beim Ausbruch der Revolution im Jahr 1848 habe man das Werft von Mackenzie in Ciotat zerstören wollen, und zu diesem Zweck die Wellenbrecher zerschlagen und verbrannt. Washington dagegen theilte mit, er habe bei der Französischen Admiralität über die Wirkung der Tayler'schen Wellenbrecher Erkundigungen eingezogen und erfahren, dafs im Hâvre niemals damit ein Versuch gemacht sei. In Ciotat habe Capitän Tayler als Entrepreneur die Wellenbrecher in den Jahren 1846 und 1847 erbaut und dafür 272 500 Franks erhalten. Sie seien jedoch fortwährend in Unordnung gewesen. Die Localbeamten hätten im November 1849 geklagt, dafs diese massenhaften Körper weder die nöthige Festigkeit besäfsen, noch auch gehörig schwimmen, und in der richtigen Lage nicht erhalten werden könnten. Sie schützten nicht den Hafen, sondern bedrohten ihn sogar. Ihre Beseitigung sei dringend geboten. Am 10. April 1850 sei daher ihre Entfernung angeordnet.

Bei meiner Anwesenheit in Ciotat im Jahr 1857 theilte mir der dortige Hafenmeister, während dessen Dienstzeit der Versuch gemacht war, hierüber Folgendes mit. 1846 habe man 12 Stück dieser Wellenbrecher ausgelegt. Jeder sei 20 Meter lang gewesen. Beim nächsten Sturm habe sich schon gezeigt, dafs sie den Wellenschlag gar nicht mäfsigten, doch hätten die Anker gleich nachgegeben, einzelne Ketten seien gebrochen. Sie wären daher verrieben und dabei gegen einander gestofsen und zum Theil auf den Strand geworfen. Man habe sie indessen in Stand gesetzt und im Frühjahr 1847 sie wieder in vorgeschriebner Art ausgelegt. Die Holzverbindungen hätten sich indessen immer mehr gelockert, auch habe der Wurm die einzelnen Balken zerstört, so dafs diese vielfach zerbrachen. Die Reparaturen seien immer

Digitized by Google

schwieriger geworden, woher nach einigen Jahren davon abgestanden und sie ganz beseitigt werden mufsten.

Die Beschreibung, welche der Hafenmeister von der Construction machte, war nicht klar. Nachdem jedoch in neuerer Zeit sowohl Bouniceau, als auch Barret in leichten Skizzen die Anordnung dargestellt haben, ist diese in den Figuren 252 und 253 auf Taf. XLV wiedergegeben.

Der einzelne Wellenbrecher bestand, wie Fig. 252 *a*, *b* und *c* in der Seitenansicht, im Querschnitt und in der Ansicht von oben zeigen, aus einem vierseitigen Prisma, an das auf beiden Enden vierseitige Pyramiden sich anschlossen. Die sämmtlichen Seitenwände bestanden aus Balkenrosten. In der scharfen untern Kante des Prismas mufste wohl Ballast eingebracht gewesen sein, weil das Prisma sich sonst flach auf das Wasser gelegt hätte.

Diese Wellenbrecher wurden in zwei Reihen hinter einander so verankert, dafs sie gegenseitig die Zwischenräume deckten, wie Fig. 253 zeigt. Indem sie aber auf den Breitseiten dem Stofs der Wellen ausgesetzt waren, so war eine sehr feste Verankerung nothwendig. Zu diesem Zweck hatte man zunächst unter jede Reihe eine schwere Kette ausgelegt, die nicht nur an jedem Ende durch zwei Anker, sondern aufserdem noch durch einige in den Grund getriebene und tief abgeschnittene Pfähle gehalten wurde. An diese Kette war jedes Stück mit sechs Ketten verbunden, wie Fig. 252 *a* und *b* zeigt, nämlich an den Spitzen durch zwei schräge und ohnfern der Endflächen der Prismen noch durch vier steil herabreichende. Aufserdem waren seeseitig an jedes Stück noch zwei Ketten befestigt, die in einiger Entfernung unter sich und mit einer stärkern Kette verbunden waren, welche letztere von einem schweren Anker gehalten wurde.

Fragt man, ob diese Wellenbrecher, wenn sie auch hinreichend befestigt gewesen wären, den Wellenschlag wesentlich gemäfsigt haben würden, so läfst sich eine solche Erwartung nicht begründen. Die hohen Prismen schwammen jedenfalls so frei, dafs sie dem Stofs des Wassers in gewissen Grenzen folgen konnten. In der Nähe der Oberfläche ist dieser Stofs viel stärker, als weiter abwärts. Sie neigten sich, oder schwangen von einer Seite zur andern und übertrugen daher die Bewegung, die ihnen vorn mitgetheilt wurde, auf das dahinter befindliche Wasser.

Digitized by Google

Dieses mufste also nahe in dieselben Schwingungen, wie jenes, versetzt werden, und ihre Wirkung konnte nicht bedeutend sein.

Ueber den in Brighton angestellten Versuch wufste Washington wenig Auskunft zu geben. Er habe den Bau hier gesehn, und meinte, er sei ans Ufer getrieben. Dafs derselbe die beabsichtigte Abstillung des Wassers veranlafst habe, ergiebt sich auch nicht aus den sonstigen Vernehmungen.

Aehnlich dem erwähnten Wellenbrecher ist derjenige, den der Major Grove erfand und versuchsweise um das Jahr 1840 vor Dover auslegte. Derselbe bestand aus einem eisernen an beiden Enden geschlossenen Cylinder von etwa 60 Fufs Länge und 9 Fufs Durchmesser, der horizontal auf dem Wasser schwamm. An denselben war ein starker eiserner Rechen befestigt, der unter den Cylinder hinabreichte und die hindurchtretenden Wellen zertheilte, oder wie J. Walker sich ausdrückte, das Wasser kämmte, und dadurch allerdings einigen Erfolg gehabt haben soll. Washington bestritt indessen das Letzte und meinte, die Abstillung sei nicht gröfser gewesen, als wenn ein Boot daselbst gelegen hätte. Grove hatte auf eigne Kosten diesen Wellenbrecher erbaut. Die Regierung gestattete den Versuch vor Dover und gab hierzu Anker und Ketten. Ein erfahrener Seemann führte die Verankerung aus. Nach dem ersten Sturm brachen jedoch die Ketten, und der Cylinder trieb ans Ufer. Er wurde noch zweimal ausgelegt, da er aber immer ins Treiben kam, so beseitigte man ihn nach kurzer Zeit.

Wesentlich verschieden von diesen Erfindungen ist diejenige, welche der Civilingenieur J. Macintosh empfahl. Eine dünne und breite flexible Decke, die er Wellendrücker (Wave represser) nannte, sollte auf dem Wasser schwimmen. Bei hinreichender Ausdehnung wird dieselbe, wie er meinte, den Wellenschlag aufheben, oder ihn in eine sanfte Dünung verwandeln, so dafs die Schiffe sicher dahinter liegen, während das Gegenstofsen eines Schiffs ganz gefahrlos wird, auch Menschen sich auf diese Decke retten können. Vor Brigthon hatte Macintosh in dieser Art ein Gewebe aus Kokusfasern mit eingeflochtenem Kork ausgelegt, das 6 Ruthen lang und eben so breit war, und nach seiner Mittheilung hinter sich das Wasser beruhigte. Die Insecten verzehrten jedoch in kurzer Zeit diesen Wellenbrecher, und der

Digitized by Google

Versuch, ihn mit Creosot und aufgelöstem Arsenik zu tränken, hatte keinen Erfolg, da die Wellen beides ausspülten. Er meinte, man dürfe die Fäden nur mit Gummi-Elasticum tränken oder Guttapercha dafür nehmen, so würde jede Gefahr der Zerstörung beseitigt werden, und wenn man der Decke die Breite von 50 Yards oder 12 Ruthen gäbe, so würden die Schiffe vollkommen sicher dahinter liegen. Wenn das Gewebe 2 Zoll stark wäre, so könnten Menschen darauf bequem gehn und es hindre nichts, Rettungsböte auf solchem Wellenbrecher zu stationiren. Obwohl der Erfinder sich erbot, auf eigne Kosten einen Versuch dieser Art zu machen und nur Anker und Taue zur Befestigung der Decke von der Regierung zu erhalten wünschte, so unterstützte die Commission doch nicht diesen Vorschlag.

Der Admiral Sartorius empfahl eine ähnliche flexible Decke. Die meisten schwimmenden Wellenbrecher wären, wie er meinte, insofern sehr gefährlich, als sie wenig über das Wasser vorträten und daher in der Dunkelheit nicht gesehn würden. Schiffe könnten leicht dagegenstofsen. Er wollte daher an gewöhnlichen Buoyen ein dicht geflochtenes Netz aus solchem Tauwerk, das auf dem Wasser schwimmt, befestigen. Dasselbe sollte, wie grofse Massen Seegras wirken, also theils den Wellenschlag mäfsigen, theils aber auch das Darüberfahren der Schiffe nicht hindern. Auch dieser Vorschlag fand nicht Beifall.

Die Commission behandelte mit gröfserer Aufmerksamkeit allein den keilförmigen schwimmenden Wellenbrecher des Capitain Sleigh, den derselbe schwimmender Strand nannte. Schon in den Vernehmungen, welche das Parlament 1859 über Sicherheitshäfen veranlafste, war von dieser Erfindung die Rede gewesen, und es wurde damals erwähnt, dafs eine Vorrichtung dieser Art vor den Hafen Lowestoft gelegt sei, um im Schutz derselben die neuen Molen auszuführen. Ein solcher Wellenbrecher hatte auch wirklich während der ganzen Bauzeit, nämlich 18 Monate hindurch, vor seinen Ankern gelegen, und nach der Mittheilung von Sleigh sollen auch die Ingenieure, welche den Bau leiteten, erklärt haben, dafs letzterer nicht würde auszuführen gewesen sein, wenn dieses Flofs nicht so wirksam den Wellenschlag gemäfsigt hätte. Diese Angaben wurden freilich weder in den früheren noch in den späteren Vernehmungen sicher

Digitized by Google

festgestellt, doch erhob sich von keiner Seite ein Widerspruch dagegen, und sonach scheint in der That eine Erfahrung vorzuliegen, welche beweist, dafs ein schwimmender Wellenbrecher nicht nur während heftiger Stürme vor den Ankern gelegen, sondern dafs er auch den beabsichtigten Zweck in merklichem Grad erfüllt hat.

Dieser Wellenbrecher besteht in einem aus Holz gezimmerten Flofs, dessen Querschnitt ein rechtwinkliges Dreieck bildet. Die längere Kathete ist der Boden und dieser schwimmt horizontal, etwa 10 Fufs unter der Oberfläche des Wassers. Die kürzere senkrechte Kathete ist dem zu schützenden Ufer zugekehrt und erhebt sich 10 bis 12 Fufs über das Wasser. Ihre Länge beträgt daher 20 bis 22 Fufs. Die Hypotenuse ist seewärts unter einem Winkel von 12 bis 15 Graden gegen den Horizont geneigt. Die obere Fläche des Wellenbrechers, die durch die Hypotenuse beschrieben wird, bildet einen ebenen Boden, der mit 4zölligen Bohlen bekleidet ist, und derselbe stellt den künstlichen Strand dar, auf den die Wellen auflaufen, ohne irgend wo Widerstand zu finden, also ohne Gelegenheit, zerstörende Wirkungen zu äufsern. Die Breite des Flofses mifst nach Vorstehendem 75 bis 104 Fufs.

Beim Hafenbau in Lowestoft war die geringere Höhe und der gröfsere Neigungswinkel gewählt, später entschied sich aber der Erfinder dafür, die erstere zu vergröfsern und den letztern zu verkleinern. Er wollte auch jedem Flofs die Länge von 200 Fufs geben, dieselbe scheint bei Lowestoft viel geringer gewesen zu sein. Sleigh liefs sich auf diese Wellenbrecher ein Patent geben, doch ist, soviel bekannt, kein weiterer Gebrauch davon gemacht. In Hastings war man dazu zwar geneigt, und in der Erwartung, dafs die dortige Hafenverwaltung ihre Zusage halten würde, erbaute Sleigh auf eigne Kosten und zwar auf der Themse drei solche Wellenbrecher, jeden von 200 Fufs Länge. Es entstanden jedoch wegen der zu erhebenden Hafengelder Zweifel, und es stellte sich heraus, dafs nur für feste Piers, aber nicht für schwimmende Wellenbrecher gesetzlich Hafengelder erhoben werden dürften. Hierauf wurde die Annahme der nicht nach festen Contracten bestellten Flöfse verweigert. Später erbaute derselbe noch für Folkestone drei andre Wellenbrecher, jedoch nur von 80 Fufs Länge, deren Annahme zur Zeit seiner Vernehmung gleichfalls

Digitized by Google

zweifelhaft war. Er beantragte wiederholentlich bei der Regierung die versuchsweise Auslegung seiner Flöfse, indem er den laufenden Yard für 35 Liv. Strl. darstellen wollte, während die Verankerung auf 100 Yards noch 375 Liv. kosten würde. Alle vorstehend angegebenen Maafse sind Englische, hiernach würde der laufende Rheinländische Fufs im Ganzen $91\frac{1}{3}$ Thlr. kosten.

Ueber die Wirksamkeit dieser Wellenbrecher und über die Möglichkeit, dieselben sicher zu verankern, fanden sehr ausführliche Vernehmungen statt. Sleigh selbst ging von einem sehr einfachen Raisonnement aus. Er sagte, sein Wellenbrecher, dessen Breite gröfser sei, als die Entfernung zweier Wellenscheitel, liege ganz ruhig, da das Wasser ihn theils vor, theils rückwärts treibe. Aufserdem setze sich unter ihm die Wellenbewegung nicht fort, wovon er sich durch den Augenschein überzeugt haben wollte. Er gab jedoch nicht an, in welcher Weise er diese Ueberzeugung gewonnen habe. Dieser künstliche Strand erhebe sich, wie er ferner sagte, so hoch, dafs keine Welle hinüberschlage. Aus diesem Grund bilde sich dahinter ruhiges Wasser, und erst in weitem Abstande könne der übertretende Wind neue Wellen erzeugen. In der letzten Beziehung schrieb er aber seinem Wellenbrecher noch einen ganz besondern Vorzug vor allen übrigen zu. Er meinte nämlich, dafs der über die flach ansteigende Fläche hinstreichende Wind seine horizontale Richtung verlassen und unter demselben Winkel aufwärts ansteigen werde, so dafs die dahinter liegenden Schiffe nicht nur dem Wellenschlag, sondern auch dem Druck des Windes entzogen würden.

Was die Möglichkeit des sichern Ankerns betrifft, so meinte Sleigh, dafs dieses gar keine Schwierigkeit bieten könne. Die Zerlegung der Kräfte zeige, dafs die Oberfläche des Wellenbrechers in normaler Richtung nur den fünften Theil des Drucks oder Stofses der Welle erfährt, und von diesem wieder nur der fünfte Theil auf eine horizontale Verschiebung wirkt. Sleigh meinte ferner, dafs der Wellenbrecher von der Strömung, die immer der Küste parallel gerichtet sei, nicht stark afficirt werden würde, da diese ihn nur von der schmalen Seite treffe.

James Walker äufserte, dafs unter allen schwimmenden Wellenbrechern dieser noch am meisten einigen Erfolg verspreche. Dagegen war Coode und eben so auch Washington ganz entgegen-

Digitized by Google

gesetzter Ansicht, weil die auf eine schräge Fläche auflaufende Welle die fortschreitende Bewegung der ganzen Wassermasse mittheile und erfahrungsmäfsig die gröfsten Zerstörungen veranlasse, die auch in diesem Fall nicht fehlen würden. Beide hielten einen schwimmenden Wellenbrecher mit verticaler Vorderfläche für zweckmäfsiger, indem solche Fläche nur dem Stofs der schwingenden Welle ausgesetzt wäre, der ungleich schwächer sei.

Diese Auffassung ist wohl in sofern nicht richtig, als jene zerstörenden Wirkungen der fortschreitenden Welle nur auf Gegenstände ausgeübt werden können, welche ihrer Bewegung entgegentreten. Auf dem geneigten ebenen Bohlenboden giebt es solche nicht, woher diese Art der Wirkung hier auch nicht zu besorgen ist. Meines Erachtens dürfte aber dieser Boden, wenn er auch bis 12 Fufs über den Wasserspiegel ansteigt, sich noch nicht hoch genug erheben, um hohe Wellen nicht übertreten zu lassen, und wenn ein grofser Theil jeder Welle überstürzt, so wird sich dadurch der Wellenschlag noch über das Flofs hinaus fortsetzen, wie dieses im Swinemünder Hafen und in allen unsern Häfen geschah, ehe die Molen mit steilen Brustmauern versehn waren. Sodann ist auch zweifelhaft, ob der Wellenbrecher bei hohem Seegange wirklich ohne Bewegung bleibt, und ob er nicht vielmehr dem Wellenschlag entsprechend um seine Längenachse schwingt. Dieses ist um so wahrscheinlicher, als die Belastung durch das aufgetriebene Wasser sich stets verändert. Sollte er aber Schwingungen dieser Art machen, so würden dieselben den Wellenschlag weiter fortsetzen. Nichts desto weniger dürfte allerdings eine bedeutende Schwächung der Wellen hinter einem hinreichend langen Flofs dieser Art zu erwarten sein. Dafs dasselbe auch den Wind aus der horizontalen Richtung ablenkt, ist dagegen augenscheinlich eine übertriebene Erwartung.

Es mag erwähnt werden, dafs im Jahr 1840 ein Englischer Geistlicher der Preufsischen Regierung die ähnliche Erfindung eines Wellenbrechers anbot. Ein Unterschied gegen den vorstehend beschriebenen bestand darin, dafs keine scharfe Kante der See zugekehrt war, vielmehr die schräge Fläche sich auch auf der vordern Seite an eine lothrecht stehende Wand anschlofs, die ganz unter Wasser bleiben sollte, die also gewifs einem starken Stofs ausgesetzt war. In eigenthümlicher Weise wollte der Er-

Digitized by Google

finder die Verbindung der Balken durch Bolzen und Schrauben möglichst beschränken und dafür vorzugsweise den damals vielfach empfohlnen Seeleim (marine glue) verwenden. Der Ankauf der Erfindung wurde nach der Besichtigung des etwa 6 Fufs langen und sauber bearbeiteten Modells abgelehnt.

Auf einen Wellenbrecher, der gleichfalls eine geneigte Ebene bildet, die jedoch unter dem Winkel von 45 Graden gegen den Horizont ansteigt, hatte im Jahre 1846 P. Borrie ein Patent genommen.*) Der Apparat hatte nur eine geringe Breite und mufste deshalb durch weite eiserne Röhren und durch angebrachte schwere Gewichte in seiner Stellung erhalten werden. Er bot den Wellen eine viel gröfsere Stofsfläche, als jener. Zur Ausführung ist er wohl nie gekommen, von der Commission geschah desselben auch gar keine Erwähnung.

Der Vorschlag des General-Major Patrick Yule, die Wellenbewegung durch einige hundert kupferne Röhren von 20 Fufs Länge und 6 Zoll Durchmesser aufzuheben, die an Steinen so geankert sind, dafs sie in Abständen von 3 bis 5 Fufs neben einander senkrecht schwimmen, wurde von der Commission nicht weiter beachtet, obwohl der Erfinder erwähnte, dafs ein Versuch mit 20 bis 30 Röhren dieser Art vor dem Hafen Portobello in der Nähe von Edinburgh bei einer Wassertiefe von 9 Fufs sehr günstige Resultate ergeben habe.

In gleicher Weise wurde auch die Vernehmung des Civilingenieur Kershaw nur auf wenige Fragen beschränkt, dessen Erfindung mit der vorstehenden einige Aehnlichkeit hatte. Derselbe wollte jedoch die Röhren unter sich verbinden, so dafs sie einen aufrecht schwimmenden Rechen bildeten. Die Röhren, aus Gufseisen bestehend, sollten 3 Fufs Durchmesser haben und eben so weite Zwischenräume zwischen sich lassen.

Bei allen schwimmenden Wellenbrechern ist die sichere Befestigung derselben ein überaus wichtiger Umstand, denn wenn sie auch wirklich den Wellenschlag so mäfsigen, dafs Schiffe dahinter ankern können, so werden letztere dennoch der äufsersten Gefahr ausgesetzt, wenn vielleicht bei zunehmendem Sturm der Wellenbrecher selbst von seinen Ankern gelöst wird. Die Schiffe

*) Civil Engineer and Architect's Journal. 1847. pag. 248.

Digitized by Google

werden alsdann weder schnell genug unter Segel kommen und ihm ausweichen, noch auch, wenn dieses gelingen sollte, das hohe Meer gewinnen können. Andrerseits ist aber ihr Untergang auch unvermeidlich, wenn der Wellenbrecher gegen sie treibt und sie vor sich auf den Strand setzt. Eine sichere Verankerung bleibt daher die Hauptbedingung für alle Anlagen dieser Art. Ohne dieselbe können sie Unglücksfälle nicht verhüten, vielmehr nur befördern, und die Vorsicht in dieser Beziehung ist um so mehr geboten, als beinahe in allen Fällen, wo man schwimmende Wellenbrecher versuchte, ihre Ankerung sich als unhaltbar erwies und sie ans Ufer trieben. Vergleicht man sie mit einem vor Anker liegenden Schiff, so kann diese Erfahrung nicht befremden. Die Wellen bewegen sich in der Richtung des Windes, und letztere bedingt auch die Lage des Schiffs. Das Schiff wird daher an der vordern Seite von den Wellen getroffen, und hier hat es diejenige Form erhalten, wobei der Widerstand des Wassers, den es bei der Fahrt überwinden muſs, am geringsten wird. Sonach ist auch der Stoſs der Wellen ohne Vergleich viel mäſsiger, als wenn die Wellen das Schiff von der Seite treffen sollten. Letzteres geschieht allerdings zuweilen, nämlich wenn der Wind sich ändert, und in diesem Fall ist die äuſserste Vorsicht erforderlich, um das Brechen des Ankertaues oder der Kette zu verhindern. Glücklicher Weise pflegen die Wellen meist nach kurzer Zwischenzeit der veränderten Richtung des Windes wieder zu folgen, und sonach dauert bei den im Sturm ankernden Schiffen jenes ungünstige Verhältniſs nicht lange. Ganz anders ist es aber bei den Wellenbrechern, die gerade in dem Fall, wenn der Wind gegen das Ufer steht, also die Schiffe am meisten des Schutzes bedürfen, mit ihrer Langseite dem vollen Angriff des Windes und der Wellen ausgesetzt sind.

Was den Stoſs der Wellen betrifft, so muſs man darauf Rücksicht nehmen, daſs man zur möglichsten Erleichterung, und um nicht unverhältniſsmäſsig lange Ketten verwenden zu dürfen, wohl niemals die Wellenbrecher auf sehr tiefes Wasser legen, vielmehr sie immer so weit der Küste nähern wird, daſs dahinter nur so eben der nöthige Raum frei bleibt, in welchem die zu schützenden Schiffe sicher liegen können. Die Wellenbrecher befinden sich also an Stellen, wo die Wellen nicht mehr, wie auf sehr tiefem

Digitized by Google

Wasser, regelmäfsig schwingen, vielmehr haben sie in Folge des ansteigenden Grundes schon eine gewisse fortschreitende Bewegung in ihrer ganzen Masse angenommen. Sie stofsen daher das Flofs viel stärker, als im offenen Meer geschehn würde, auch bleiben die Ankerketten nicht immer gleichmäfsig gespannt, wie dieses bei einem constanten Druck der Fall wäre. Ohne Zweifel wird der Wellenbrecher eben so, wie ein vor Anker liegendes Schiff, nachdem er vom Stofs zurückgetrieben war, sich wieder gegen den Wind bewegen. Die Ankerkette sinkt alsdann herab und die folgende Welle stöfst zunächst das Fahrzeug wieder fort, wobei die Kette sich hebt und spannt. Sollte der Stofs den Wellenbrecher treffen, während die Kette noch gespannt ist, so tritt eine viel gröfsere Gefahr ein, und diese wird um so bedeutender, je gröfser die Stofsfläche ist.

In der Anordnung des keilförmigen Wellenbrechers wurde von mehreren Seeleuten und Ingenieuren, welche die Commission befragte, eine Aehnlichkeit mit einem scharf gebauten Schiff gefunden, und hierauf begründete sich die Ansicht, dafs ein solcher Apparat ziemlich sicher vor Anker gelegt werden könne. Nichts desto weniger machten Washington uud Coode darauf aufmerksam, dafs ohnerachtet bei Leuchtschiffen alle drei Jahre die Ketten erneuert werden, dieselben dennoch nicht selten brechen und diese Schiffe alsdann vertreiben. Die volle Sicherheit beim Ankern dieses Wellenbrechers wurde daher nicht von allen Sachverständigen zugegeben.

In dieser Beziehung mufs noch die Aussage von G. W. Lenox mitgetheilt werden. Derselbe war mit Brown associirt gewesen und hatte, wie er angab, 40 Jahre hindurch für alle Welt Anker und Ketten geliefert. Er war der Ansicht, dafs jeder Körper, wenn er auch noch so grofs und unförmlich sei, sich sicher durch Anker halten lasse, vorausgesetzt, dafs Anker und Ketten in den erforderlichen Dimensionen und mit der nöthigen Sorgfalt angefertigt wären. Den mehrfach gemachten Vorschlag, die Anzahl der Anker und Ketten der Sicherheit wegen zu vergröfsern, hielt er für unangemessen, weil solche nicht gleichmäfsig zur Wirksamkeit kommen, und sonach eine Kette nach der andern bricht. Man müsse die ganze Kraft auf eine einzige, hinreichend starke Kette wirken lassen. Für die Stärke der Ketten gäbe es keine

Digitized by Google

Grenze, er habe vor Kurzem für das königliche Arsenal in Malta eine Kette aus Stabeisen von $4^1/_2$ Zoll Durchmesser geliefert. Die Vergänglichkeit des Eisens im Seewasser und auf dem Meeresgrund sei nicht so grofs, als man gewöhnlich annehme, nur müsse man dafür sorgen, dafs es nirgend mit Kupfer in Berührung komme. Das drei Viertel zöllige Eisen leide im Canal während 5 Jahre nur sehr wenig, doch sei es vortheilhaft, es alle 2 oder 3 Jahre durch einen Taucher untersuchen zu lassen. Die Ketten an sich brechen übrigens viel weniger, als deren Verbindung mit dem Anker, die oft sehr sorglos ausgeführt werde. So strandete der Wellenbrecher von Brighton allein aus dem Grund, weil der Bolzen, der diese Verbindung darstellte, sich gelöst hatte.

Wiederholentlich wurde die Frage gestellt, welche Dauer die schwimmenden Wellenbrecher haben würden, wenn man sie gegen äufsere Beschädigungen sichern könnte. Die Antwort war gewöhnlich, dafs eine sehr lange Dauer in Aussicht stehe. Sleigh sagte, das Holz werde bei Schiffen nicht früher schadhaft, als etwa nach 25 Jahren. Dieser Vergleich würde passend sein, wenn die Verbandstücke des Wellenbrechers gleichfalls aus gesundem Eichenholz beständen, und wenn auf die Unterhaltung derselben und namentlich auf den Anstrich der über Wasser liegenden Theile eben so grofse Vorsicht, wie bei Schiffen verwendet, und aufserdem auch für den Zutritt der frischen Luft gesorgt würde.

Endlich wäre noch zu erwähnen, dafs vielfach ein Vorzug der schwimmenden Wellenbrecher darin gefunden wurde, dafs sie nicht, wie gewöhnliche Hafendämme, die Durchströmung verhindern, sondern solche unter ihnen ungehindert erfolgen kann. Hierdurch sollte, wie man meinte, die Verflachung des durch sie geschützten Hafenbassins oder der Rhede verhindert werden. Wie wenig ein solcher Erfolg zu erwarten, ist bereits § 48 ausführlich erörtert. Dennoch wurde dieser vermeintliche Vorzug mehrfach zur Sprache gebracht und verschiedene feste Wellenbrecher empfohlen, die in der Tiefe mit Oeffnungen versehn sein sollten.

In diesem Sinn erklärte der Ingenieur Wells, er schraube gewalzte eiserne Pfähle von 6 bis 8 Zoll Durchmesser, die unten mit der Schraube von Mitchell versehn sind, in 10 bis

Digitized by Google

16 Fufs Entfernung von einander in den Grund und bilde in solcher Art drei Pfahlreihen, die oben durch eiserne Balken, wie durch Holme und Zangen nach der Länge und Quere verbunden sind und sich dadurch gegenseitig unterstützen. Sie reichen bis 15 Fufs über das niedrigste Wasser. In der äufsern, oder in der der See zugekehrten Reihe sind alle Pfähle mit Nuthen versehn, die bis 12 Fufs unter das niedrigste Wasser herabreichen, und in diese schiebt man horizontale starke Hölzer ein, die also eine dichte Wand von 27 Fufs Höhe bilden. Eine feste Laufbrücke vollendet den ganzen Bau. Solche Dämme habe er theils in einigen kleineren Schottischen Häfen, theils auch bei Panama ausgeführt, und die 19jährige Erfahrung an Leuchtthürmen beweise, dafs eiserne Pfähle sich im Seewasser unversehrt erhalten. Er lasse dieselben aus Bündeleisen walzen und, während sie noch glühend sind, durch aufgegossenes Wasser schnell abkühlen, wodurch ihre Oberfläche der Einwirkung des Seewassers ganz entzogen werde. Bei dem Bau eines Hafendamms vor Madras, den er auf Kosten der Regierung ausführe, müsse er Pfähle von über 60 Fufs Länge anwenden. Dieselben werden aus zwei Stücken zusammengesetzt, da er sie nur in Längen von höchstens 44 Fufs darstellen könne. Die Zusammensetzung erfolge durch vernietete Bolzen. Die Ausführung eines solchen Baues sei sehr bequem, da man von der Laufbrücke aus vor derselben die Pfähle einsetzen und einschrauben könne, ohne von der Witterung und dem Wellenschlag abhängig zu sein. Bei dem Mangel an geeigneten Arbeitern in Madras erfolge das Setzen und Einschrauben der Pfähle mittelst Dampfkraft. Ein grofses gezahntes Rad werde auf den Kopf des Pfahls gesteckt und in dieses greife ein Getriebe ein, welches die Maschine in Bewegung setzt. Das Einschrauben eines Pfahls erfolge in $3\frac{1}{2}$ Stunden. Der laufende Fufs dieses Damms koste 55 Pfund oder der Rheinländische Fufs 390 Thaler.

Sodann brachte der Hydrograph der Admiralität E. K. Calver den von ihm erfundenen Wellenschirm (wave screen) wieder zur Sprache, von dem bereits § 33 die Rede war. Er erklärte die Construction desselben, ohne jedoch mitzutheilen, dafs derselbe irgendwo bereits versucht sei.

Unter den vernommenen Personen befand sich auch ein Geistlicher Namens F. Glover, der gleichfalls eine Erfindung

Digitized by Google

gemacht hatte. Seine Absicht ging dahin, die Barre vor einem schiffbaren Fluss so zu erhöhen, dafs sie sich von selbst zum Hafendamm oder Wellenbrecher ausbildet, und dadurch der in eine schmale Rinne eingeschlossene Strom gezwungen wird, diese offen zu erhalten. Glover sagte, er habe gesehn, wie man in den Niederlanden und in Belgien durch Strauchzäune die Watten erhöhe, und in gleicher Weise könne dieses auch durch starke, durchsichtige Holzverzimmerungen, die mit Schraubenpfählen an den Grund befestigt werden, mit den Barren geschehn.

Endlich empfahl noch der Ingenieur J. Abernethy die von Coode bei Bridport gewählte Constructionsart, nämlich die Steinschüttung zwischen schliefsenden Pfahlwänden dadurch dauerhaft und sogar unvergänglich zu machen, dafs man, sobald das Holz seine Festigkeit verliert, dasselbe durch Mauern umschliefst.

Die zuletzt erwähnten Vorschläge und Erfindungen gehören freilich nicht hieher, da sie sich nicht auf schwimmende Wellenbrecher beziehn, nichts desto weniger schien es angemessen, die sämmtlichen in dieser Commissions-Verhandlung zur Sprache gebrachten Anordnungen und Constructionen mit wenig Worten zusammenzustellen.

Digitized by Google

Neunter Abschnitt.

Schiffahrts-Canäle zwischen zwei Meeren.

Digitized by Google

Digitized by Google

§ 71.

Aeltere Canäle.

Die Canäle, welche die schiffbare Verbindung zwischen zwei Meeren darstellen, die oft interoceanische Canäle sind, gehören mit Ausnahme der beiderseitigen Häfen zwar nicht zu den Seebauten, bei ihrer innigen Beziehung zur Seeschiffahrt dürfen sie indessen hier nicht mit Stillschweigen übergangen werden, und dieses um so weniger, als in neuster Zeit durch einen solchen ein viel näherer Weg nach Ostindien eröffnet ist, auch zu erwarten steht, dafs in einigen Jahrzehnten ein solcher den Atlantischen mit dem Stillen Ocean verbinden wird.

Einige kleinere Canäle dieser Art waren bisher schon in Europa ausgeführt, die aber ohnerachtet der wesentlichen Abkürzung des Wegs, und obgleich ihre Befahrung vollkommen sicher war, dennoch nur wenig benutzt wurden.

Der Schleswig-Holsteinsche oder der Eider-Canal, 1777 bis 1785 erbaut, der die Kieler Bucht mit der obern Eider bei Rendsburg verbindet, kann von Schiffen bis zu 10 Fufs Tiefgang befahren werden, doch geschieht dieses nur selten, und meist nur, wenn die Abgangs- oder Bestimmungsorte in der Nähe liegen. Als ich in Pillau angestellt war, zog ich hierüber stets Erkundigungen ein, und es ergab sich, dafs im Sommer keins der daselbst ankommenden Schiffe durch den Canal gegangen war, nur im Spätherbst wählten einige Niederländer und Ostfriesen diesen Weg, deren Familie die ganze Bemannung bildete, wobei also die längere Dauer der Fahrt keine Mehrkosten veranlafste.

In neuerer Zeit beabsichtigte man einen für die gröfsten Seeschiffe fahrbaren Canal zwischen der Ostsee und der Nordsee zu erbauen. Die politische Bedeutung eines solchen ist gewifs nicht

Digitized by Google

in Abrede zu stellen, man erwartete aber auch, dafs die Handelsschiffe diesen kürzern Weg dem durch den Sund und das Kattegatt vorziehn würden, wo die Schiffahrt allerdings mit manchen Gefahren verbunden ist. Um Letzteres durch statistische Angaben zu begründen, sind Listen publicirt worden, welche nachweisen, wie viel Schiffe zwischen den Dänischen Inseln oder im Kattegatt jährlich stranden. Diese Verluste sind freilich bedeutend, aber mit Verwunderung bemerkt man, dafs die verunglückten Schiffe grofsentheils solche sind, die zur Vermeidung der Gefahr den bestehenden Holsteinschen Canal hätten benutzen können.

Fragt man, warum die Gefahr nicht in dieser Weise vermieden wurde, so liegt die Antwort sehr nahe, wenn man den Betrieb der Seeschiffahrt näher ins Auge faſst. Ein Schiff kann keineswegs so leicht einen Hafen anlaufen, wie ein Wagen auf der Landstraſse in den Hof eines Gasthauses einfährt. Das Einsegeln in den Hafen ist jederzeit mit Zeitverlust, Kosten und meist auch mit gewissen Gefahren verbunden, die oft bedeutender, als in der offenen See sind. Was den Zeitverlust betrifft, so erklärt sich dieser zum Theil durch den nothwendigen Aufenthalt beim Einbringen, Verholen und Ausgehn und in den Verhandlungen mit den Hafenbehörden, vorzugsweise aber dadurch, dafs ein günstiger Wind zum Ausgehn abgewartet werden mufs. Die Kosten beziehn sich auf Hafengelder, Lootsengeld und andre festgestellte Abgaben, so wie auch auf die Löhnung der beim Aus- und Einbringen nöthigen Hülfmannschaften, während der Lohn und die Beköstigung der Schiffsmannschaft in der Zeit, wo das Schiff im Hafen liegt, keine Unterbrechung findet. Der Gewinn bei der ganzen Fahrt kann hierdurch wesentlich vermindert, und sogar vollständig aufgehoben werden. Oft genug entläfst der Rheder einen Capitän, weil er meint, dafs derselbe ohne dringende Veranlassung in einem Hafen Schutz gesucht hätte. In der Handelsmarine gilt auch allgemein der Grundsatz, dafs, so lange irgend die Segel und die eigene Mannschaft das Schiff noch weiter führen können, keine fremde Hülfe angenommen, oder ein Nothhafen angelaufen werden darf.

Sehr wichtig ist aber noch die dritte Rücksicht, nämlich die Gefahr beim Einsegeln in den Hafen. In offner See giebt es für ein wohl ausgerüstetes, gehörig beladenes und durch zuverlässige

Digitized by Google

Leute hinreichend bemanntes Schiff wenig Gefahr. Viel gröfser wird diese in der Nähe des Landes, also vor einem Hafen. Der Eider-Canal war in dieser Beziehung keineswegs frei von Mängeln, noch mehr treten diese aber bei dem projectirten neuen Canal wegen seiner gröfsern Fahrtiefe hervor. Schon der Zugang aus der Ostsee ist keineswegs ganz sicher. Von der Südspitze der Insel Falster erstrecken sich die sogenannten Trindeln in theils zusammenhängenden, und theils isolirten Untiefen etwa $2^1/_2$ Meilen weit bis in die Mitte der Wasserfläche zwischen dieser Insel und dem Ufer des Stralsunder Regierungsbezirks. Auch weiter westwärts bis Eckernförde ist das Fahrwasser zwischen den verschiedenen Inseln enge und vielfach gekrümmt, so dafs der Weg nach der Canalmündung kaum als weniger gefährlich, wie der Durchgang durch den Sund angesehn werden kann. Noch ungünstiger gestalten sich die Verhältnisse an der westlichen Mündung. Die weit ausgedehnten Wattgründe, und vielleicht noch mehr die Rücksicht auf die eingedeichten Ländereien, die bei einer andern Leitung des Fluth- und Ebbestroms, behufs der Darstellung und Erhaltung eines hinreichend tiefen Fahrwassers gefährdet werden könnten, scheinen vorzugsweise die Verlegung der westlichen Canalmündung in die Elbe und zwar bei St. Margarethen, zwischen Brunsbittel und Glückstadt veranlafst zu haben. Abgesehn von dem Uebelstande, dafs die in Aussicht gestellte Abkürzung des Wegs von der Ostsee zur Nordsee hiedurch wesentlich verringert wird, so wurde auch nicht der bisherige Weg durch einen gefahrlosen ersetzt. Allerdings ist die Mündung der Elbe mit zahlreichen Lootsen-Stationen, mit Leuchtthürmen, Leuchtschiffen und Seemarken sehr vollständig versehn, aber dennoch bleibt das Einlaufen bei heftigen Stürmen und dunklem Wetter oder in der Nacht, namentlich für gröfsere Schiffe sehr bedenklich, indem das Fahrwasser bis weit in die See hinein von Sand- und Wattgründen enge eingeschlossen ist.

Der Canal sollte, indem er von der Bucht bei Eckernförde ausging, über 11 Deutsche Meilen lang und 27 Fufs tief werden. Die Kosten waren auf etwas mehr, als 28 Millionen Thaler berechnet. Verzinsung dieser Summe durch Erhebung von Abgaben beim Durchgange der Handelsschiffe war nicht zu erwarten, da nach Vorstehendem ein lebhafter Verkehr nicht in Aussicht stand.

Digitized by Google

Von seiner Ausführung wurde abgesehn, weil im Interesse der Deutschen Kriegsmarine jene hohen Anlagekosten in andrer Weise nützlichere Verwendung finden konnten.

Nichts desto weniger ist man von der Absicht zur Verbesserung der Verbindung zwischen Ost- und Nordsee, doch nicht ganz zurückgekommen. Die fünf Schleusen in dem bestehenden Eider-Canal haben nicht ganz gleiche Dimensionen. Ihre Längen wechseln zwischen 115 und 102 Fufs, ihre Breiten zwischen 26 und 25,3 Fufs und die Tiefen der Schlagschwellen zwischen 11,2 und 10,8 Fufs. Im Französischen Kriege kam es darauf an, ein Kanonenboot, welches länger als die Schleusen war, durch den Canal zu bringen, während die sonstigen Dimensionen kein Hindernifs boten. Die Aufgabe wurde dadurch gelöst, dafs man Fangedämme durch den Canal führte, welche die Stelle eines Schleusenhauptes vertraten. Dieser Fall hat wohl vorzugsweise Veranlassung gegeben, dafs man nunmehr die Schleusen in etwas gröfsern Dimensionen umbauen, und besonders die Eider, welche die Fortsetzung des Canals an der westlichen Seite bildet, corrigiren will. Letzteres ist bereits begonnen.

Ein andrer Canal, durch welchen den Seeschiffen ein weiter und besonders gefährlicher Umweg erspart werden sollte, ist der Caledonische Canal. Die Englische Regierung liefs denselben im Anfange dieses Jahrhunderts im nördlichen Schottland ausführen. Er erstreckt sich von Invernefs aus in südwestlicher Richtung nach Fort William am Loch Eil, das mit dem Atlantischen Meer in unmittelbarer Verbindung steht. Die Orkney- und Shetlandinseln machen die Umschiffung der Nordspitze von Schottland überaus gefährlich, aufserdem verkürzt der Canal den Seeweg etwa um 40 Deutsche Meilen. Die Richtung des Canals war durch eine zusammenhängende Seen-Kette vorgezeichnet. Zunächst tritt er in den langgestreckten und ganz gerade gerichteten Binnensee Loch-Nefs, der bis 129 Faden (750 Fufs Rheinländisch) tief ist. Seine Scheitelstrecke erreicht der Canal im kleinen See Loch-Oich, alsdann durchschneidet er das Loch Lochy und aus diesem führt die letzte Canalstrecke nach dem erwähnten Loch-Eil. Die Entfernung von Invernefs bis Fort William beträgt 13 Deutsche Meilen. Davon treffen 8 Meilen in die Seen, auf 5 Meilen mufste der Canal ausgegraben werden. Seine Scheitel-

Digitized by Google

strecke im Loch-Oich erhebt sich 91 Fufs über das gewöhnliche Hochwasser im Murray-Firth bei Invernefs. Mit diesem stimmt das Hochwasser im Loch-Eil nahe überein. Auf der westlichen Seite liegen vier Schleusen, von denen nur eine einfach und eine andre sogar achtfach gekuppelt ist. Die Anzahl der Schleusen auf der Ostseite beträgt acht. Eine derselben ist vierfach und eine andre fünffach gekuppelt. Drei von diesen zwölf Schleusen sind zu Zeiten geöffnet und dienen zur Regulirung des Wasserstandes. Der Canal ist im Wasserspiegel 118 Fufs, in der Sohle 49 Fufs breit und $19\frac{1}{2}$ Fufs tief. Die Schleusen sind 39 Fufs weit und in den Kammern 157 Fufs lang.

Diese grofsartige Canal-Anlage, die Telford ausführte, wurde von den Schiffern bei weiten Fahrten beinahe gar nicht benutzt. Ein Hindernifs lag darin, dafs in den langgestreckten Seen, die von hohen Felsufern begrenzt werden, die Segel nur selten benutzt werden konnten, und ihr Gebrauch wegen der veränderlichen Richtung und Stärke des Windes, der über das Gebirge fällt, höchst gefährlich war. Leinpfade, die unter diesen Verhältnissen und wegen der nothwendigen Annäherung der Schiffe an die Felsufer ohne Nutzen geblieben wären, waren nicht eingerichtet, während selbst das Warp-Anker auf grofse Strecken wegen der Tiefe seinen Dienst versagte. Der Canal war daher nur bei gewissen Winden zu befahren, und sobald diese sich änderten, so entstand für die Schiffe, die sich auf dem Loch-Nefs oder Loch-Lochy befanden, eine gröfsere Gefahr, als beim Durchgange zwischen den Orkney- und Shetlandinseln. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, wurden vor etwa 30 Jahren Dampfschleppböte auf den gröfsern Seen stationirt, doch soll auch hierdurch der Verkehr nur wenig befördert sein, indem die Schiffer nach wie vor die Umfahrung der Nordspitze von Schottland dem Durchgange durch den Canal vorziehn.

Wesentlich verschieden von diesen Canälen ist ein dritter älterer, nämlich der Nordholländische Canal, insofern der frühere Schiffahrtsweg, den er umgeht, nicht die erforderliche Tiefe hatte. Er verbindet Amsterdam mit dem Hafen Nieuwe-Diep oder das Y mit der Nordsee. Die nach Amsterdam bestimmten Schiffe mufsten vor seiner Anlage bis 1825 durch die Zuider-See gehn, und hier fanden sie von der Insel Wieringen

Digitized by Google

ab kaum noch die nöthige Tiefe, die bei der Insel Urk nicht mehr genügte und in dem Eingange in das Y, am sogenannten Hoek van het Y, beim gewöhnlichen Hochwasser nur $9\frac{1}{2}$ Fufs betrug. Die Ladungen mufsten daher nicht nur vollständig in Lichterfahrzeuge übergenommen, sondern selbst die leeren Schiffe noch über die flachsten Stellen hinübergehoben werden. Zu diesem Zweck benutzte man die sogenannten Kameele. Dieses sind Fahrzeuge mit flachem Boden und von mondförmiger Gestalt, die an der concaven Seite sich möglichst nahe den Seitenflächen des zu hebenden Schiffs anschliefsen. Zwei derselben legt man unmittelbar neben das letztere und senkt sie, indem man sie voll Wasser laufen läfst. Alsdann werden sie durch untergezogene Ketten möglichst fest verbunden, und indem sie nunmehr ausgepumpt werden, so steigen sie nicht nur selbst auf, sondern heben auch zugleich das zwischen ihnen befindliche Schiff, so dafs dieses über die Untiefe fortgezogen werden kann. Dasselbe taucht zwar noch 2 bis 3 Fufs in den weichen Modergrund ein, doch sind die hier benutzten Bugsirböte so kräftig, dafs sie diesen Widerstand überwinden.

Diese Untiefen umgeht der Canal. Kleinere Ostindienfahrer und selbst Kriegsschiffe, die noch nicht vollständig ausgerüstet sind, können auf ihm nach der See gelangen, ohne dafs sie gelichtet oder gehoben werden dürfen. Er ist nahe 11 Deutsche Meilen lang, und nach Storm Buysing im Wasserspiegel 118 Fufs, in der Sohle 30 Fufs breit und 18 Fufs tief. Ursprünglich hatte man die Tiefe von 22 Fufs angenommen, die Schleusen wurden auch dieser entsprechend erbaut, doch verursachte die Baggerung unerwartete Schwierigkeiten, *) woher die beabsichtigte Tiefe nicht dargestellt ist. In dem Canal befinden sich vier Schleusen, eine bildet den Eingang aus dem Y, Amsterdam gegenüber, die zweite liegt bei Purmerend, die dritte am nördlichen Ende des Polders Zype und die vierte bei Nieuwe-Diep. Bei der Anlage des Canals durften die Wasserstände in den durchschnittenen Ländereien, die mit Ausschlufs der letzten Strecke künstlich entwässert werden, keine Aenderung erfahren. Hierdurch war die eigenthümliche

*) In meiner „Beschreibung neuerer Wasserbauwerke", Königsberg 1826, ist ausführlich hiervon die Rede.

Digitized by Google

Anordnung geboten, dafs der Wasserspiegel im Canal nicht höher, sondern tiefer liegt, als die anschliefsenden Gewässer, die er verbindet. Der mittlere Fluthwechsel im Y beträgt etwa 1 Fufs, oder die Ebben sinken 1 Fufs unter Amsterdamer Peil. Unter dem letztern liegt die erste Canalstrecke bis Purmerend $3^1/_2$ Fufs, und die beiden folgenden nahe 2 Fufs.

Zur bequemeren Benutzung des Canals hat die Niederländische Regierung das Befahren desselben mit Dampfkraft gestattet, obwohl Leinpfade vollständig eingerichtet sind. Wenn hierdurch auch Beschädigungen der Ufer veranlafst werden, und diese, wie mir gesagt wurde, in gleicher Weise bei Schrauben- und Rad-Dampfern eintreten, so wurde es doch als erstes Erfordernifs angesehn, dafs der Canal für den Verkehr nutzbar sei, und dafs daher seine Ufer so befestigt werden müfsten, dafs sie beim Wellenschlag der Dampfböte nicht leiden. Letzteres ist in der That grofsentheils bereits geschehn. Auf lange Strecken sind die Dossirungen durch Ziegelböschungen gesichert.

In den Jahren 1819 bis 1825 wurde der Canal unter Leitung des General-Inspectors des Wasserstaates Blanken Janszoon ausgeführt. Er wird von den ein- und ausgehenden Seeschiffen benutzt, als ich jedoch im Jahr 1862 denselben befuhr, begegnete ich nur einem einzigen gröfsern Schiff, einem überseeischen Dampfer, während gleichzeitig eine Anzahl Schiffe vor dem Pampus im Zuider-See lagen, welche theils lichteten, theils die Ladung in Lichtern einnahmen.

Für die Handelsmarine dürfte der Nordholländische Canal seine Bedeutung grofsentheils verlieren, sobald der neue Canal durch das Y und durch die Landenge bei Velsen eröffnet sein wird, von dem bereits § 60 die Rede war. Derselbe soll $25^1/_2$ Fufs tief und in der Sohle 86 Fufs breit sein, während die Kammern der gröfsten Schleusen, neben denen sich noch kleinere befinden, 380 Fufs lang sind, und die lichten Weiten zwischen den Thoren nahe 56 Fufs messen.

Digitized by Google

§ 72.

Der Suez-Canal.

Von viel gröfserer Bedeutung, als diese älteren Canäle ist der 1869 eröffnete Suez-Canal, der für grofse Seeschiffe die directe Verbindung zwischen dem Mittelländischen Meer und dem Indischen Ocean durch das Rothe Meer darstellt. Er verkürzt den Weg von England nach Ostindien etwa um die Hälfte, oder ungefähr um 1000 Deutsche Meilen, und die Entfernung der Häfen am Mittelländischen Meer vom Orient um zwei Drittel der früheren Länge. Seine Wichtigkeit für den Verkehr ist daher nicht in Abrede zu stellen, und wenn seine dauernde Unterhaltung auch schwierig sein wird, so lassen die bisherigen Erfahrungen doch sicher erwarten, dafs die Vortheile, die er dem Handel bietet, die Unterhaltungskosten decken werden.

Der Gedanke zur Ausführung dieses Canals ist keineswegs in neuster Zeit entstanden, gehört vielmehr schon der frühsten, mythischen Zeit der Geschichte an, und wahrscheinlich bestand schon dereinst eine künstliche, wenn auch gewifs höchst mangelhafte schiffbare Verbindung zwischen dem Rothen Meer mit dem Nil, also mit dem Mittelländischen Meer. Nach Herodot wurde unter Necho, Psammetich's Sohn (also 600 Jahre vor Christus), an der Aushebung des Canals gearbeitet, nach Strabo geschah dieses aber schon 7 Jahrhunderte früher durch Ramses II. Unter Römischer Herrschaft wurde durch Trajan und Hadrian der Canal wieder hergestellt und er bestand bis ins 8. Jahrhundert unserer Zeitrechnung, als der Chalif Almanzor zur Unterdrückung eines Aufstandes 767 ihn stellenweise zuschütten liefs.

Seitdem gerieth das Unternehmen vollständig in Vergessenheit, bis Napoleon während des Feldzuges in Aegypten, im Jahr 1798, die Idee wieder aufnahm und die Aufstellung eines Canalprojects anordnete. 1803 wurde ihm durch Lepére, der zu diesem Zweck zwei Jahre hindurch mit Localuntersuchungen sich beschäftigt hatte, ein solches vorgelegt. Demselben lag die durch falsche Nivellements veranlafste irrige Voraussetzung zum Grunde, dafs der mittlere Wasserstand im Rothen Meer über 30 Fufs höher sei, als der des Mittelländischen Meers. Laplace's Widerspruch

Digitized by Google

blieb unbeachtet und man meinte, vier Schiffsschleusen seien nothwendig, um den von Suez ausgehenden Canal in den Damiette-Arm des Nils zu leiten. Von der Ausführung dieses Projects war indessen nicht weiter die Rede, Napoleon meinte, dieses sei Sache der Türkischen Regierung.

In der Mitte dieses Jahrhunderts lenkte indessen der zunehmende Verkehr mit dem Orient wieder die Aufmerksamkeit auf dieses Unternehmen. Man berechnete die Gütermenge, die sich damals zwischen Europa und dem Orient bewegte, auf 2 Millionen Tons (zu 1000 Kilogramm oder 2000 Pfund) und hiernach schienen die Anlagekosten hinreichende Verzinsung zu sichern, namentlich wenn man auf die Verstärkung des Verkehrs bei der erleichterten Verbindung Rücksicht nahm. Es traten demnach 1846 drei Ingenieure, nämlich Robert Stevenson, Negrelli und Talabot zusammen, um die Ausführbarkeit näher zu untersuchen. Der letzte, ein Franzose, übernahm die Terrain-Besichtigungen im Innern des Landes, während den beiden ersten die beiderseitigen Hafenanlagen zufielen. Dabei stellte sich zunächst heraus, dafs jene früher gefundene Niveau-Differenz nicht vorhanden ist, oder vielmehr auf ein sehr geringes Maafs sich beschränkt. Der Canal sollte nach diesem Project unterhalb Caïro vor einem grofsen Wehr, das bei Hochwasser geöffnet wird, den Nil durchschneiden und in den Hafen von Alexandrien münden.

Die Brüder Barraut legten 1856 der inzwischen zusammengetretenen internationalen Commission ein andres Project vor, welches ungefähr dem später zur Ausführung gekommenen entspricht, und bis in den See Menzaleh dieselbe Linie verfolgt, wie dieses. Von hier wendet sich aber der Canal nach Westen, indem er nahe an der Küste blieb, die beiden Arme des Nils kurz vor ihren Mündungen durchschnitt und schliefslich wieder in den Hafen von Alexandrien trat. Der Grund, weshalb man den benannten Hafen zum Ausgangspunkt des Canals wählte, war die Besorgnifs, dafs ein besonderer Canalhafen in dem flachen Strande vor starken Versandungen nicht zu sichern sei. Die internationale Commission verwarf dieses Project, wie auch das frühere wegen der Verbindung mit dem Nil, wodurch die Bewässerungs-Verhältnisse zu sehr gestört werden würden.

Nunmehr beauftragte der Vicekönig von Aegypten zwei seiner

Digitized by Google

Ingenieure, Linant-Bey und Mougel-Bey, das Canalproject aufzustellen. M. F. von Lesseps, der mit der Verwaltung der Ausführung und des Betriebs dauernd in Verbindung geblieben ist, schlofs sich ihnen an. Sie behielten die zuletzt gewählte Linie im Uebrigen bei, nur führten sie dieselbe vor dem Eintritt in den Menzaleh-See in nordöstlicher Richtung in den Golf von Pelusium, der auch die Bai von Tineh genannt wurde.

Die internationale Commission war mit diesem Project im Allgemeinen einverstanden, doch verlegte sie die Mündung etwa 4 Deutsche Meilen weiter westwärts, wo das schmale Ufer in flacher Biegung vortritt. Diese Aenderung wurde dadurch begründet, dafs hier, wie sich ziemlich sicher nachweisen liefs, seit Jahrhunderten der Strand durch Sandablagerungen nicht weiter vorgetreten sei. Man schlofs daraus, dafs auch der neue Hafen keinen Versandungen ausgesetzt sein würde. Wie wenig diese Erwartung in Erfüllung gegangen ist, nachdem die weit vortretenden Hafendämme ausgeführt waren, ist bereits § 39 mitgetheilt.

Die Commission wählte nunmehr fünf Mitglieder aus ihrer Mitte (unter diesen den um den Wasserbau hoch verdienten Niederländischen General-Inspector F. W. Conrad), welche das Project in den Einzelheiten an Ort und Stelle prüfen sollten. Im Jahr 1856 gab die Commission an den Vicekönig ihr Urtheil dahin ab, dafs das Project ausführbar sei, und nunmehr kam es darauf an, eine Actien-Gesellschaft zu bilden, welche die nöthigen Geldmittel zur Bestreitung der Anlagekosten lieferte. Den Bemühungen des Herrn v. Lesseps gelang dieses, indem vorzugsweise französische Capitalisten dabei sich betheiligten.

Die Ausführung bot Schwierigkeiten, wie solche bei andern Anlagen in neuern Zeiten noch nie vorgekommen waren. Ein für Seeschiffe fahrbarer und mehr als 21 Deutsche Meilen langer Canal sollte in einer Wüste dargestellt werden, die ganz unbewohnt, ohne Wege und ohne irgend welche Culturen war, die nur einige Lebensbedürfnisse geliefert hätten. Selbst an trinkbarem Wasser fehlte es überall, während das Kameel das einzige Transportmittel war. Die Zuleitung von Wasser war vor Allem dringend geboten. Als daher an den am leichtesten zugänglichen Punkten die Canalarbeiten begannen, wurde auch die Aushebung des Süfswasser-Canals eingeleitet und eifrigst betrieben. Derselbe

Digitized by Google

beginnt bei Zagazig an einem Nil-Arm, der weiterhin versiegt. Auf eine kurze Strecke konnten von hier aus noch die erkennbaren Reste des vor mehr als 2000 Jahren ausgeführten Canals verfolgt und benutzt werden. Er wurde in der Richtung nach Ismailia weiter geführt. Hier befand sich sein Wasserspiegel 19 Fufs über demjenigen, den der grofse Canal haben sollte, es wurden daher zwei Schiffsschleusen nöthig, um ihn an diesen herabzuführen. Zur Versorgung des südlichen Theils mit Wasser wurde der Süfswasser-Canal an der westlichen Seite der Bitterseen gleichfalls in drei Schleusen nach Suez geführt. Man richtete diesen Canal so ein, dafs er zugleich mit Kähnen befahren, also zur Zuführung von Lebensmitteln, Geräthen und Baumaterialien benutzt werden konnte. Er ist in der Sohle 25 Fufs breit und 4 Fufs tief, während die darin liegenden Schleusen in den Kammern etwas über 100 Fufs lang und 28 Fufs weit sind. Nördlich von Ismailia liefs sich wegen zu grofser Terrainschwierigkeiten dieser Canal nicht fortsetzen. Statt seiner ist daher hier eine Röhrenleitung gelegt, in welche das Wasser durch Dampfpumpen hineingedrückt und bis Port Saïd geführt wird. In Entfernungen von etwa einer halben Meile wird die Leitung durch eiserne Bassins unterbrochen, aus denen man das Wasser bequem entnehmen kann.

Am 25. April 1859 wurde bei Port Saïd, also an der Mündung in das Mittelländische Meer, der erste Spatenstich zur Darstellung des Suez-Canals gethan. Anfangs stellte der Vicekönig nach einem besondern Vertrage eine grofse Anzahl Fellahs als Arbeiter. Dieselben erwiesen sich aber sogleich als ganz unbrauchbar, es wurden daher Leute aus Europa angenommen, aber bei dem sehr hohen Taglohn derselben und den grofsen Kosten ihrer Unterhaltung mufste die Handarbeit, soweit es irgend möglich war, beschränkt und durch Maschinenkraft ersetzt werden. Die dabei zur Anwendung gekommenen eigenthümlichen Baggermaschinen werden später erwähnt werden, hier wäre nur die Anordnung des Canals im Allgemeinen darzustellen. *)

*) Eine nähere Beschreibung des Canals nebst Situationsplänen vom untern Nil und dem Canal selbst, wie auch von den beiderseitigen Häfen, ist von meinem Sohn L. Hagen, der bei der Eröffnung zugegen war, in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang XX, 1870, Seite 217, mitgetheilt.

Digitized by Google

Besonders wichtig war die Entscheidung der Frage, ob Schleusen nöthig wären, wodurch nicht nur die Kosten erhöht, sondern auch der Verkehr erschwert würde. Die ägyptischen Ingenieure erklärten solche für entbehrlich und die Internationale Commission schlofs sich dieser Ansicht an. Jedenfalls mufsten aber starke Durchströmungen verhindert werden, die theils Uferabbrüche, und theils in Folge derselben auch Verflachungen veranlafst haben würden.

Der mittlere Wasserstand des Rothen Meers erhebt sich noch nicht 1 Fufs über den des Mittelländischen Meers. Diese geringe Niveaudifferenz liefs bei der grofsen Länge des Canals und bei dem mäfsigen Profil desselben keine nachtheilige Strömung besorgen. Der Fluthwechsel im Mittelländischen Meer ist gewöhnlich hier kaum bemerkbar, nur in den Aequinoctial-Springfluthen soll bei ruhiger Witterung der Wasserstand während der Fluth um 5 Zoll über den mittleren sich erheben, und während der Ebbe etwa 12 Zoll darunter sinken. Gröfsern Wechsel veranlassen heftige Winde, die nach ihren Richtungen zuweilen Anschwellungen von $21\frac{1}{2}$ Zoll und Senkungen von $20\frac{1}{2}$ Zoll gegen Mittelwasser bewirken. Auch im Rothen Meer erzeugen die Winde stärkere Schwankungen, als der Fluthwechsel. Letzterer mifst bei todten Fluthen etwa 3 Fufs, bei Aequinoctial-Springfluthen dagegen $6\frac{1}{2}$ Fufs. Bei heftigen und anhaltenden Südwinden erhebt sich das Wasser vor Suez bis 5 Fufs 10 Zoll über den mittleren Stand, und sinkt bei Nordwinden bis 4 Fufs 5 Zoll darunter.*)

Hiernach waren zwar Strömungen zeitweise zu erwarten, man meinte jedoch, dafs diese sich nicht durch den ganzen Canal fortsetzen würden, weil im Innern der Landenge sehr starke Einsenkungen des Bodens befindlich sind, die sobald sie mit den Meeren in Verbindung stehn, sich mit Wasser füllen und Binnenseen bilden, die das periodisch hinzufliefsende Wasser aufnehmen, ohne ihr Niveau merklich zu verändern.

Etwa 3 Meilen vom Rothen Meer entfernt tritt der Canal in die Bitterseen, die eine zusammenhängende Wasserfläche von etwa 6 Deutschen Quadratmeilen bilden. Die Commission war

*) Diese letzten Angaben sind aus Försters allgemeiner Bauzeitung, Jahrgang 1857 entnommen.

Digitized by Google

demnach der Ansicht, dafs nur diese erste Strecke des Uferschutzes bedürfen würde.

Die erwähnten Seen, die bisher bei der starken Verdunstung und dem fehlenden Zufluſs trocken lagen (Theil II, § 7), haben sich nach der Verbindung mit den Meeren hoch mit Wasser angefüllt, so dafs ihre Tiefen zwischen 20 und 40 Fufs messen. Weiter nördlich trifft der Canal eine ähnliche Vertiefung, nämlich den Timsah-See, in welchem sich jedoch nur die Tiefe von 8 Fufs dargestellt hat.

Eine andere mit Seewasser schon früher gefüllte Einsenkung durchschneidet der Canal mit einigen Unterbrechungen auf 7 Meilen Länge, bevor er in das Mittelländische Meer tritt. Dieses ist das Haff von Menzaleh, das sehr flach und etwa 10 Meilen lang und 4 Meilen breit ist. Es zieht sich zur Seite des Meers hin und ist von demselben nur durch eine schmale und niedrige Nehrung getrennt, die aus feinem Seesande ohne thonige Beimengung besteht.

Die Canallinie verfolgt von Meer zu Meer eine flache Rinne in der Landenge, die nicht starke Krümmungen macht. Der Boden besteht auf der Nordseite der Bitterseen aus fest abgelagertem Sand, von dem man erwartete, dafs er weder durch die schwache Strömung, noch durch den Wind in Bewegung gesetzt werden würde. In der südlichen Strecke ist der Thonboden vorherrschend.

Der Canal mifst in seiner ganzen Länge, also mit Einschlufs der Seen, die er durchschneidet, vom Mittelländischen bis zum Rothen Meer 160 Kilometer oder 21,5 Deutsche Meilen. Seine Tiefe sollte 25,5 Fufs und seine Breite in der Sohle 70 Fufs betragen. Diese Dimensionen sind ihm bisher noch nicht vollständig gegeben. Er durchschneidet grofsentheils niedriges Land, das sich nur wenig über den Wasserspiegel erhebt, hiervon machen vorzugsweise die nächsten Strecken zu beiden Seiten von Ismaïlia, nämlich am Serapeum und bei El-Guisr Ausnahmen, woselbst Einschnitte von gegen 40 Fufs vorkommen. Durch die Bitterseen und den Timsah-See ist der Canal frei hindurchgeführt und seine Rinne, wo es nöthig war, vertieft. Indem man aber hier die vorhandenen gröfsten Tiefen verfolgte, so ist sein Zug keineswegs gerade gelegt, sondern scharf gekrümmt. Buoyen und Landsignale bezeichnen ihn. Beim Durchgang durch den See Menzaleh und die damit in Verbindung stehenden Ballah-

Digitized by Google

Seen hat man durch den ausgehobenen Grund an beiden Seiten Dämme gebildet. Noch wäre zu erwähnen, dafs mehrere Ausweichestellen von 80 Ruthen Länge eingerichtet sind.

Vor dem Hafen Port-Saïd, der am Mittelländischen Meer die Einfahrt in den Canal bildet, tritt an der westlichen Seite eine 600, und auf der östlichen eine 500 Ruthen lange, aus Bétonblöcken aufgeführte Mole vor. Der Kopf der letztern ist von der ersten 133 Ruthen entfernt, oder dieses ist die Weite der Mündung des Vorhafens, der sich landwärts bis auf 660 Ruthen verbreitet. Verschiedene Leuchtthürme, so wie kleinere Bassins zur Aufnahme von Schiffen und dergleichen sind hier angelegt. Am Suez-Hafen war die Erbauung von Molen entbehrlich, doch sind zwei gröfsere aber offene Hafenbassins hier erbaut, an welche sich die nach Caïro führende Eisenbahn anschliefst. Neben einem dieser Bassins befindet sich ein Trockendock, während weiter seewärts vom östlichen Ufer aus ein Damm vortritt, der als Wellenbrecher den Eingang in den Canal deckt. Auch hier befinden sich zwei Leuchtthürme.

Am 17. November 1869 erfolgte die feierliche Eröffnung des Canals und es mag erwähnt werden, dafs einige Wochen später auch die zur Deutschen Kriegsmarine gehörige Corvette Hertha, bei 17 Fufs Tiefgang den ganzen Canal bis in das Rothe Meer durchlief, ohne irgend wo den Grund zu berühren.

Die nach Eröffnung des Canals angestellten Beobachtungen haben ergeben, dafs die Strömungen allerdings durch die grofsen Wasserflächen des Timsah-Sees und der Bitterseen sehr begrenzt werden, die wie Regulatoren wirken, dafs aber dennoch die nördlich und südlich von denselben belegenen Strecken nicht ganz unabhängig von einander sind. Es bilden sich vielmehr in Folge der herrschenden Winde Strömungen, die sich durch den Canal fortsetzen. Von Mai bis October ist der Nord- und Nord-Ost-Wind vorwiegend, alsdann ist der Wasserstand in Port Saïd höher, als in Suez und im September steigt diese Niveaudifferenz bis $1\frac{1}{4}$ Fufs. Dabei finden freilich viele Unterbrechungen statt, doch tritt eine grofse Wassermasse in dieser Zeit aus dem Mittelländischen in das Rothe Meer über. Im Winter dagegen sind die Winde meist südlich, alsdann erfolgt das Gegentheil und im Januar steigt die Niveaudifferenz bis 1 Fufs. Man rechnet, dafs auf diese Art

Digitized by Google

jährlich $7\frac{1}{2}$ Millionen Cubikruthen Wasser hin und her strömen. Hierdurch wird eine auffallende Einwirkung auf die Salzniederschläge in den Bitterseen veranlafst, die nach den darüber angestellten Messungen nach und nach sich auflösen und verschwinden.

Was die localen Strömungen betrifft, so haben dieselben zwischen Port-Saïd und dem Thimsah-See meist die Geschwindigkeit von $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Fufs in der Secunde und steigern sich sehr selten bis auf 2 Fufs. Zwischen Suez und den Bitter-Seen werden sie bedeutender, meist fallen sie zwischen 2 und $3\frac{1}{2}$ Fufs, erreichen aber zuweilen sogar 4 Fufs.*)

Der Verkehr auf dem Suez-Canal hat in den ersten acht Jahren sich sehr bedeutend gesteigert, wie sich aus nachstehender Zusammenstellung der Anzahl der durchgegangenen Schiffe und der durchschnittlichen Ladungsfähigkeit derselben ergiebt. Nach letzterer werden die Abgaben erhoben ohne Rücksicht auf die Ladung, die sich wirklich im Schiff befindet. Das leere Schiff zahlt also eben so viel, wie das beladene. Die Methode des Messens stimmt mit der jetzt allgemein angenommenen überein und ist im Betriebs-Reglement genau angegeben. Die Ladungsfähigkeit wird in Tonnen (Tonneau à 1000 Kilogrammes) ausgedrückt.

	Zahl der Schiffe.	Mittl. Tonnenzahl.
1870	486	900
1871	765	1000
1872	1082	1400
1873	1173	1800
1874	1264	1900
1875	1494	2000
1876	1457	2100
1877	1613	unbekannt.

Es ergiebt sich hieraus, dafs nicht nur die Anzahl der Schiffe, sondern auch die Gröfse derselben fortwährend zugenommen hat. Das gröfste Schiff, das 1877 den Canal passirte, war der Englische Dampfer Hooper, dessen Ladungsfähigkeit auf 4987 Tons berechnet war. Unter den 1613 Schiffen befanden sich aber nur

*) Annales des ponts et chaussées. 1878, II., pag. 454.

Digitized by Google

5 Segelschiffe. Der Verkehr beschränkt sich also beinahe ausschliefslich auf Dampfschiffe und dieses wohl vorzugsweise, weil die Durchfahrung des Rothen Meers wegen der Korallenriffe und der heftigen Stürme für Segelschiffe zu gefährlich ist.

Die Gesammtkosten der Anlage mit Einschlufs der spätern Verwendungen zu ihrer Vervollständigung belief sich am Schlufs des Jahres 1877 auf 354 Millionen Franks. Die Dividende berechnete sich auf etwas über 3 Procent.

Die Abgabe für Befahrung des Canals war ursprünglich auf 10 Franks für die Tonne und aufserdem bei Personenböten auf 10 Franks für jeden Reisenden festgestellt. Dieses genügte aber nicht, es wurde daher noch ein Zuschlag von 3 Franks für die Tonne erhoben. Dieser Zuschlag soll aber später fortfallen, ist auch bereits auf $2^1/_5$ Franks zurückgegangen. Im Jahresbericht der Gesellschaft von 1877 wird gesagt, dafs der durchschnittliche Werth der durchgehenden Güter für die Tonne sich auf 1000 Franks stellt, dafs also die Vertheurung des Transports um etwas mehr als 1 Procent wenig in Betracht kommt. Es wird hinzugefügt, dafs in den letzten Jahren auch Güter von geringerem Werth aus Indien, also Getreide, Reis, Baumwolle und aus Europa Salz und selbst Steinkohlen (wahrscheinlich nur als Rückfracht) auf diesem Wege versendet worden. Zu jenen Abgaben kommen indessen noch die Hafengelder, Lootsengelder, Gebühren fürs Bugsiren und dergleichen. Bis Ende 1877 hatte von den in den 8 Jahren durchgegangenen 9334 Schiffen durchschnittlich jedes nahe 20 000 Franks gezahlt.

Schliefslich mögen noch die wichtigsten Bestimmungen des neusten Betriebs-Reglements mitgetheilt werden.

Obwohl der Canal durchweg die Tiefe von 8 Meter (25,5 Fufs) hat, darf der Tiefgang der Schiffe nicht mehr als 7,5 Meter (23 Fufs) betragen. — Segelschiffe müssen sich von den Schleppdampfern der Gesellschaft bugsiren lassen, den Dampfschiffen ist es gestattet mit eigner Kraft zu fahren. — Die Geschwindigkeit darf nie 10 Kilometer ($1^1/_3$ Deutsche Meilen) in der Stunde übersteigen. — Jedes Schiff mufs einen Canal-Lootsen annehmen, der nach bester Einsicht den zu verfolgenden Weg bezeichnet, wenn dabei aber das Schiff selbst Schaden leidet, oder andern Schiffen Schaden zufügt, oder den Canal beschädigt, so bleibt der Schiffs-

Digitized by Google

führer verantwortlich. — Das in einem Hafen ankommende Schiff darf in den Canal nicht früher einfahren, als bis hierzu die ausdrückliche Erlaubnifs ertheilt wird. Fahrten in der Nacht werden nur ausnahmsweise gestattet. Beim Begegnen zweier Schiffe mufs die Geschwindigkeit gemäfsigt werden. Das Vorbeifahren eines Schiffes vor einem andern, das in gleicher Richtung fährt, ist unbedingt verboten. — Bei Unterbrechung der Fahrt müssen Ausweicheplätze inne gehalten werden, und wenn dieses nicht möglich ist, mufs das Schiff mit drei Ketten an das Ufer befestigt werden. — Wenn ein Schiff zufällig fest fährt, darf der Schiffsführer selbst nicht versuchen, es wieder flott zu machen, er verliert vielmehr augenblicklich das Commando und mufs sogleich Beamte der Gesellschaft rufen lassen, die das Weitere veranlassen.

§ 73.

Der Panama-Canal.

Wenn der Suez-Canal, wie vorstehend erwähnt, für den interoceanischen Verkehr schon eine hohe Bedeutung gewonnen hat, so stellt sich die Verbindung zwischen dem Atlantischen und dem Stillen Meer durch Eröffnung einer Wasserstrafse zwischen Nord- und Südamerika noch wichtiger heraus, indem dadurch der gefährliche Umweg um das Cap Horn oder durch die Magellan-Strasse vermieden wird. Ein solcher Canal würde aber nicht nur für den Europäischen Handel vortheilhaft sein, sondern vorzugsweise auch den Verkehr der an beiden Meeren belegenen vereinigten Nordamerikanischen Staaten wesentlich erleichtern.

Schon Alexander von Humboldt machte bei seiner Reise nach Südamerika darauf aufmerksam, dafs der mächtige Atrato-Strom, der sich in den Atlantischen Ocean ergiefst, seine Quellen ohnfern des Stillen Oceans sammelt, und hier ein Verbindungs-Canal möglich sei. Aehnliche Projecte wurden vielfach angeregt, und besonders seit dem Beginn der Arbeiten am Suez-Canal ist die Landenge von Panama oder Darien in dieser Beziehung vielfach untersucht, und wiederholentlich haben die Nordamerikanischen vereinigten Staaten, so wie auch einzelne Gesellschaften zu diesem Zweck Expeditionen veranlafst. Wenn nunmehr das grofsartige

Digitized by Google

Unternehmen so weit vorbereitet ist, dafs eine Actien-Gesellschaft sich gebildet, für eine bestimmte Canallinie sich ausgesprochen, auch mit der Regierung der vereinigten Staaten von Columbia einen Vertrag abgeschlossen hat und die erforderlichen Geldmittel wenigstens theilweise bereits gezeichnet sind, also die Ausführung mit grofser Wahrscheinlichkeit erwartet werden darf, so wird es sich rechtfertigen, dafs dieser überaus wichtige Bau hier nicht mit Stillschweigen übergangen wird. Dabei mufs aber sogleich auf die sehr grofsen Schwierigkeiten hingewiesen werden, welche wieder theils die Abgelegenheit dieser uncultivirten Gegenden und theils die höchst ungesunden klimatischen Verhältnisse veranlassen. Die schnelle Ausführung der Panama-Bahn wurde nur dadurch ermöglicht, dafs kurz vorher die Goldgruben Californiens entdeckt waren. Die Bahngesellschaft beförderte die Leute unentgeltlich von Europa nach San Francisco, wenn sie auf dem Hinwege eine bestimmte Zeit hindurch an den Bahnarbeiten sich betheiligten.

Eine Gesellschaft von Privatpersonen bildete sich vor wenig Jahren in der Absicht, den in Rede stehenden Canal auszuführen und schlofs am 20. März 1878 mit der Regierung der vereinigten Staaten von Columbia einen Vertrag, dessen wichtigste Bestimmungen die folgenden sind:*)

Die Regierung ertheilt dieser Gesellschaft (civil international and interoceanic society) auf 99 Jahre das ausschliefsliche Privilegium zur Ausführung und Verwaltung eines Canals für Seeschiffe durch das Gebiet von Columbia, und verpflichtet sich diesem Unternehmen weder selbst Concurrenz zu machen, noch andre ähnliche Anlagen zu gestatten. Sobald die erforderlichen Geldmittel gesichert sind, soll eine internationale Commission von Ingenieuren, denen die Regierung zwei der ihrigen beifügen wird, das Project feststellen. Dabei wird bestimmt, der Canal müsse solche Dimensionen erhalten, dafs Dampfschiffe von 140 Meter Länge, 16 Meter Breite und 8 Meter Tiefgang, und so auch Segelschiffe mit herabgelassenen Bramstengen ihn befahren können. Ferner bezeichnet der Vertrag die Termine, in welchen die Gesell-

*) Der Vertrag ist vollständig mitgetheilt in der in Panama erscheinenden Zeitung Star et Herald vom 17. Mai 1878.

Digitized by Google

schaft sich gebildet, die Voruntersuchungen beendigt, das Project aufgestellt und der Canal ausgeführt sein soll, so wie auch die Art des Betriebes auf demselben und die von der Gesellschaft zu erhebenden Abgaben. Ausdrücklich wird aber festgestellt, dafs keine fremde Regierung in die Rechte der Gesellschaft eintreten, und dafs der Canal nebst den beiderseitigen Seehäfen für ewige Zeiten neutral bleiben soll, so dafs die Handelsschiffe selbst derjenigen Staaten, mit denen vielleicht Columbia sich feindlich gegenüber steht, unbehindert passiren dürfen.

Bald darauf ergingen Aufforderungen an die verschiedensten Regierungen, Commissare zu einem internationalen Congrefs nach Paris zu senden, um über die vorliegenden Canal-Projecte zu entscheiden. 13 Staaten in Europa, die Nordamerikanischen Freistaaten, wie 7 Staaten Südamerika's, und China folgten diesem Ruf. 116 Commissare, theils Techniker, theils Geologen, Kaufleute und Andre traten am 15. Mai 1879 zusammen. Der französische Vice-Admiral de la Ronzière führte den Vorsitz, übertrug aber die Leitung der Geschäfte an den Grafen Ferd. de Lesseps, der sich bereits um die Ausführung des Suez-Canals wesentliche Verdienste erworben hatte.

Es wurden zunächst besondere Abtheilungen für die verschiedenen zu prüfenden Gegenstände gebildet, und Herr v. Lesseps erklärte sogleich, dafs innerhalb zehn Tagen die Beschlüsse der General-Versammlung gefafst sein müfsten. Zu eingehenden Untersuchungen wurde daher keine Zeit, noch auch sonst Gelegenheit geboten. Es lagen zehn Entwürfe vor, von denen aber die grofse Mehrzahl so unvollständig bearbeitet war, dafs die localen Verhältnisse daraus nicht mit Sicherheit sich entnehmen liefsen.*)

Ueber den zu erwartenden Verkehr wurde von der betreffenden Abtheilung angegeben, dafs im Jahr 1876 schon 5 Millionen

*) Die nachstehenden Mittheilungen sind grofsentheils aus dem Bericht des Niederländischen Commissars, des Ingenieurs F. W. Conrad entnommen, den derselbe in der Tijdschrift van het K. Instituut van Ingenieurs 1879—1880, Notulen, pag. 24 bekannt machte. — Vielfache Einzelheiten in Betreff der Localverhältnisse, so wie der bisherigen Auffassung und Behandlung der Projecte findet man auch in van Nostrand's Engineering Magazine, März- und April-Heft 1880.

Digitized by Google

Tons durch den Canal gegangen sein würden, wenn er bestanden hätte, dafs aber bei der voraussichtlichen Steigerung des Verkehrs nach Eröffnung des Canals (etwa 1887) sogar $8\frac{1}{4}$ Millionen Tons durchgeschifft werden würden. Der Weg von London, von Havre und von New-York nach San Francisco verkürze sich um 3300 bis 3600 Seemeilen, während auf andern Touren nach Nord- und Südamerika der Gewinn mäfsiger sei.

Die vorgelegten Projecte waren folgende: 1) Nach dem vom Mexicanischen Ingenieur F. de Garay entworfenen, welches die Regierung von Mexico empfahl, ist die Canallinie am weitesten nach Westen verlegt, sie verbindet die Campéche-Bai am Atlantischen mit dem Golf von Tehuantépec am Stillen Ocean. Diese Linie ist 250 Kilometer*) lang. Sie verfolgt das Thal des Tarifa, ersteigt eine Einsenkung der Cordilleren, die 223 Meter über dem Meeresspiegel liegt, und fällt alsdann wieder herab. Ein Tunnel ist dafür nicht angenommen, wohl aber die Erbauung von 120 Kammerschleusen.

Mehrere Projecte beziehn sich demnächst auf die Durchführung des Canals durch den Nicaragua-See, und es mag beiläufig bemerkt werden, dafs bereits im Jahr 1829 die Niederländische Regierung mit der Regierung von Guatemala Verbindungen anknüpfte, um hier einen Canal zu erbauen, zu dem auf Veranlassung des Königs Wilhelm I. der ausgezeichnete Niederländische Ingenieur F. W. Conrad einen generellen Entwurf gemacht hatte. Der Antrag wurde indessen damals abgelehnt.

Der Nicaragua-See, dessen Oberfläche nahe 900 Deutsche Quadratmeilen mifst, und dessen Quellengebiet 23 000 Quadratmeilen umfafst, liegt 32,6 Meter über dem Meer, und hat seinen Abflufs durch den San Juan-Flufs nach dem Atlantischen Ocean. Zwischen dem See und dem Stillen Ocean zieht sich zwar das Gebirge hin, doch ist dasselbe hier minder hoch und darin befinden sich mehrere bedeutende Einsenkungen. Indem der See auch hinreichende Tiefe hat, so ist diese Stelle ohne Zweifel für die Ueberführung des Canals sehr beachtenswerth, und auf sie beziehn sich mehrere Vorschläge.

---

*) Um runde Zahlen angeben zu können, ist in diesen Angaben das metrische Maafs beibehalten.

Digitized by Google

2) Nach dem Project des amerikanischen Ingenieurs A. G. Menocal soll der Canal von dem neu anzulegenden Hafen Greytown, im Westen der Mündung des San Juan, beginnen, das ausgedehnte niedrige Thal zwischen Deichen verfolgen, alsdann aber in das Strombett selbst verlegt werden, wobei allerdings Regulirungen und Schleusenanlagen noch nöthig sind. Die Länge dieses Weges mifst etwa 70, und die des Nicaragua-Sees in der Schiffahrtsstrafse etwa 50 Kilometer. Hier beträgt die Wassertiefe 9 bis 10 Meter, doch sind an der westlichen Seite verschiedene Felsen fortzusprengen. Endlich ist zur Verbindung mit dem Stillen Ocean noch ein 30 Kilometer langer Canal erforderlich, der im Thal des Medio-Flusses ansteigt und nachdem er eine Einsenkung des Gebirges überschritten hat, im Thal des Rio Grande nach der Bucht las Serdas sich hinzieht, wo in der Nähe von Brito gleichfalls ein Hafen erbaut werden mufs. Der Schiffahrtsweg erfordert in dieser Linie keinen Tunnel, doch sind darin 20, oder vielleicht auch nur 17 Kammerschleusen nöthig. Die Kosten der Anlage wurden auf 770, und die der jährlichen Unterhaltung auf $6^1/_2$ Millionen Franks berechnet.

3) Das von Blanchet vorgelegte Project unterscheidet sich von vorstehendem nur dadurch, dafs derselbe den Wasserspiegel des Nicaragua-Sees auf beiden Seiten noch weiter ausdehnen will. Durch den San Juan soll zu diesem Zweck ein 17 Meter hohes und 1000 Meter langes Wehr gelegt werden. Um aber die Anzahl der erforderlichen Schleusen zu vermindern, sollen dieselben sehr starke Gefälle erhalten. Die Zeichnung zu einer solchen von 33 Meter Gefälle war dem Project beigefügt.

4) Eben so stimmt auch das Project von M. Mainfroy ungefähr mit dem unter Nr. 2 bezeichneten überein, doch soll, um die Hafenanlage am Stillen Ocean zu umgehn, der Canal nach der Bai Salinas geführt werden, die schon an sich einen ziemlich sichern Hafen bildet. Dabei wird aber ein 230 Meter hoher Bergrücken durchschnitten, der einen Tunnel nöthig macht.

5) Das Project von Belly weicht von den vorstehenden darin ab, dafs auf dem Abhange nach dem Atlantischen Ocean gar keine Schleusen erbaut, vielmehr das Fahrwasser in der ganzen Länge des San Juan durch Stromcorrection dargestellt werden soll.

Digitized by Google

Die Verlegung des Canals in den Nicaragua-See ist ohne Zweifel in mehrfacher Beziehung als sehr passend anzusehn. Die Durchführung durch einen Tunnel kann dabei umgangen werden, das Speisewasser für die Schleusen ist überreichlich vorhanden, auch ist bei der grofsen Ausdehnung des Sees der Abfluſs aus demselben keinen starken Schwankungen unterworfen. Der letzte günstige Umstand verschwindet aber vollständig im untern Theil des San Juan, da von beiden Seiten mächtige Nebenflüsse in ihn einmünden, die bei den dortigen heftigen Niederschlägen oft in kürzester Zeit sehr hohe Anschwellungen veranlassen. Der Canal müfste also in dem ausgedehnten und niedrigen Flufsthal mit sehr hohen und festen Deichen umschlossen werden. Dazu kommt, dafs der Hafen bei Greytown nicht nur schwierig anzulegen, sondern gegen starke Verflachungen kaum zu sichern sein würde. Das gröfste Bedenken gegen diese Linien erregt aber die Thätigkeit der zwischen dem See und dem Stillen Ocean belegenen vielen Vulkane, die bei den häufigen Erdbeben in dieser Gegend in hohem Grade die Schleusen, wie auch den ganzen Canal bedrohn. Man findet hier kein älteres Gebäude und bis in den See hinein zeigen sich überall die Spuren zusammengebrochener Felsmassen. Die Reihe der 49 noch thätigen Vulkane beginnt ohnfern Mexico, zeigt gerade am Nicaragua-See die verheerendsten Wirkungen und endet ohnfern der Panama-Bahn. In Panama finden sich zuerst wieder Gebäude, die Jahrhunderte alt sind.

Auf die Verlegung der Canallinie nahe an die bestehende Eisenbahn war man besonders aufmerksam gewesen. Die Landenge hat hier die geringste Breite, das Terrain bietet weniger Schwierigkeiten, als an den meisten andern Stellen, und von grofser Bedeutung ist der Umstand, dafs man auf der Bahn sehr bequem Arbeiter, wie Baumaterialien und überhaupt alle Bedürfnisse beischaffen kann und dadurch in den Stand gesetzt wird, den Bau gleichzeitig an verschiednen Punkten einzuleiten und ihn um so schneller zu beendigen.

6) Vorzugsweise wurde Gewicht gelegt auf das von zwei französischen See-Officieren, Lucien N. B. Wyse und A. Reclus, bearbeitete Project. Nach demselben soll der Canal neben der Stadt Colon an der Bai Limon, westlich von der Bahn beginnen und nach Panama geführt werden, indem er vom Atlantischen Meer

Digitized by Google

das Thal des Flusses Chagres verfolgt. Das Gebirge, das er durchschneidet, erhebt sich 87 Meter über das Meer. Die Verfasser hatten gefunden, dafs es in Betreff der Kosten am vortheilhaftesten sei, bis zur Gebirgshöhe von 40 Meter den Canal offen auszuführen, bei gröfsern Höhen aber ihn in einen Tunnel zu legen. Hiernach erhält der Tunnel die Länge von 6 Kilometer. Die Länge des ganzen Canals mifst 73 Kilometer, und darin wird überall der Wasserspiegel des Atlantischen Oceans gehalten, so dafs keine Schleuse behufs Uebersteigung einer Anhöhe erforderlich ist, wohl aber ist eine solche in seiner Verbindung mit dem Stillen Ocean bei Panama nothwendig, weil hier der Fluthwechsel bei Springfluthen 4,2 bis 5,3 Meter beträgt und bei Stürmen bis 6,5 sich steigert, wodurch im Canal Strömungen bis zu 2,5 Meter in der Secunde eintreten würden, welche die Schiffahrt zu sehr belästigten. Die im Flusse Chagres oft plötzlich eintretenden Anschwellungen machen die Sicherstellung des Canals durch hohe und starke Deiche nothwendig. Vor den beiderseitigen Häfen müssen Molen weit hinausgeführt werden, nämlich bei Panama auf 5000, bei Colon, wo der Fluthwechsel höchstens 0,5 Meter mifst, auf 900 Meter Länge. Die Kosten der Anlage waren berechnet auf 1070, und die der jährlichen Unterhaltung auf $6^1/_2$ Millionen Franks.

7) Von denselben Verfassern wurde noch ein zweites Project für diese Linie vorgelegt, wobei der Tunnel fortfiel, indem der Canal an jedem Abhange sechs Schleusen erhalten und durch Anspannung des Chagres-Flusses gespeist werden sollte.

8) Der Nordamerikanische Ingenieur F. Kelley verlegt den Canal etwas weiter nach Osten, wo die Landenge ungefähr dieselbe Breite hat, wie bei Panama, die Cordilleren aber sich bis 300 Meter erheben. Die Verbindung mit dem Atlantischen Ocean soll in der Bucht San Blas stattfinden, und von hier soll der Canal ohne Schleuse bis in das weite Bette des Flusses Baijano sich fortsetzen, der in den Stillen Ocean mündet. Die ganze Länge mifst 53 Kilometer und davon fallen 16 in den Tunnel.

9) Der Ingenieur L. de Puydt aus Columbien wollte den Canal von Port Escondido del Sur vor dem Golf von Uraba beginnen, eine kurze Strecke das Thal des Turgandi verfolgen und alsdann in das Thal des Tanela übergehn lassen. Von hier sollte

Digitized by Google

er, wie es scheint, in einem Tunnel durch das Gebirge geführt, in das weite Thal des Tuijra treten, in dessen Bett er mündet, sobald die Wassertiefe 9 Faden mifst. Der Schiffahrtsweg, der im Ganzen 153 Kilometer lang ist, soll keine Schleuse erhalten und den Golf von Uraba mit dem Golf San Miguel am Stillen Ocean verbinden. Die Länge des eigentlichen Canals würde 88 Kilometer messen.

10) Das letzte Project war von dem See-Officier der Vereinigten Staaten Th. O. Selfridge aufgestellt. Nach diesem beginnt die Wasserstrafse in der vielfach zertheilten Mündung des mächtigen Atrato-Stroms in den Golf von Uraba, verfolgt den Stromlauf etwa 240 Kilometer weit, bis derselbe sich der Chiri-Chiri Bai im Stillen Ocean bis auf 50 Kilometer nähert. Diese Verbindung soll durch einen Canal dargestellt werden, der auf 4 Kilometer Länge durch einen Tunnel unter dem Gebirge fortgeführt und mit 22 Schleusen versehn ist. Die Anzahl der Schleusen kann aber nach Ansicht des Verfassers auf 8 zurückgeführt werden, wenn man den Canal tiefer legen und den Tunnel auf 9 Kilometer verlängern wollte. Die Mündung des Atrato wäre auf gleiche Weise, wie am Mississippi geschehn ist, zu vertiefen.

Es darf nicht befremden, dafs die zur technischen Prüfung dieser Projecte gewählte Abtheilung den von Lesseps gestellten Termin nicht inne halten konnte, doch war sie einige Tage später schlüssig geworden und gab dem unter Nr. 6 vorstehend bezeichneten Project zwischen Colon und Panama vor den übrigen den Vorzug. Sie machte jedoch darauf aufmerksam, dafs auch dieses Project noch keineswegs so vollständig bearbeitet sei, dafs die Einzelheiten und namentlich die Anlagekosten sich sicher beurtheilen liefsen. Verschiedene Localuntersuchungen, besonders über die Beschaffenheit des Bodens und des Gebirges müfsten jedenfalls vorangehn.

Dabei wurden in Betreff der Sicherung der Schiffahrt noch mehrere Bedingungen aufgestellt.

Der Wasserstand im Canal dürfe sich nicht verändern. Im gewöhnlichen Erdboden solle der Canal 22 Meter Sohlenbreite, 8,5 Meter Tiefe und 2füfsige Böschungen erhalten, im Felsboden dagegen lothrechte Seitenwände, die gleichfalls 22 Meter von ein-

Digitized by Google

ander entfernt und in der Höhe des Wasserspiegels durchweg mit horizontalen Reibhölzern verkleidet sind. Diese Wände seien 2 Meter über Wasser zu erheben und daneben 2 Meter breite Fufspfade anzubringen. In den Tunneln sollten aber an der äufsern Seite der Fufswege, also 26 Meter von einander entfernt, senkrechte Wände von 15 Meter Höhe angebracht und durch halbkreisförmige Gewölbe von 13 Meter Radius verbunden werden. Die lichte Höhe des Tunnels in der Mittellinie mifst also über Wasser 30 Meter. Wenn endlich der Canal seine Richtung verändert, so dürfe dieses in keiner schärferen Krümmung, als mit dem Radius von 2000 Meter geschehn.

Die Schleusen müfsten 20 Meter weit und in den Kammern 150 Meter lang sein, während die Schlagschwellen wieder 8,5 Meter unter Wasser liegen. Die Gefälle dürften nicht gröfser als 4 Meter sein. Dabei wurde noch die ungewöhnliche Bedingung gestellt, dafs jedesmal drei Schleusenkammern neben einander erbaut werden müfsten, damit gleichzeitig Schiffe in beiden Richtungen durchschleust werden könnten, und die dritte Kammer sogleich in Gebrauch zu nehmen sei, wenn eine der beiden andern der Reparatur bedürfte.

Bei diesen Dimensionen würden die gröfsten Handelsschiffe den Canal befahren können. Um ein Begegnen von solchen zu ermöglichen, müfsten aber in Entfernungen von 10 Kilometern Ausweichestellen eingerichtet werden, die um 10 Meter breiter als der Canal und 500 Meter lang sein sollten.

In der schiefslichen Gesammtsitzung am 29. Mai fafste Herr Lesseps den Beschluss des Congresses in folgende Worte:

„Der Congress erachtet die für den Handel und die Schiffahrt so dringende Ausführung eines interoceanischen Canals mit constantem Wasserspiegel für möglich, und ist der Ansicht, dafs dieser Canal, um sowohl leicht zugänglich zu sein, als auch um die sonstigen Vortheile zu bieten, die man von solchem Verbindungswege fordert, vom Golf Limon nach der Bai von Panama gerichtet sein mufs.“

Diesem Beschlufs stimmten, wie Lesseps später in New-York mittheilte, 78 der anwesenden Commissare bei, während nur 8 sich dagegen erklärten und die 12 übrigen sich der Abstimmung enthielten.

Digitized by Google

In dieser Art war sowohl die Richtung des Canals im Allgemeinen festgestellt, wie auch beschlossen, dafs derselbe keine Schleuse erhalten, vielmehr im Niveau der beiderseitigen Meere durchgeführt werden solle. Hiernach schien die Ausführung so gesichert, dafs bald darauf 800 000 Actien zu 500 Franks ausgeboten und dabei eine jährliche Dividende von $11\frac{1}{2}$ Procent in Aussicht gestellt wurden. Nichts desto weniger sind seitdem wieder so erhebliche Bedenken gegen die gewählte Linie und überhaupt gegen das ganze Canalproject erhoben, dafs es zweifelhaft ist, ob die Gesellschaft dieses zur Ausführung bringen, oder vielleicht die Verbindung beider Meere in ganz andrer Art darstellen wird.

In dem Verein der Amerikanischen Civil-Ingenieure wurde hierüber vielfach verhandelt.*) Schon die Wahl der Panamalinie wurde insofern getadelt, als dadurch der Weg nach San Francisco sich bedeutend länger herausstellte, als wenn man durch die Landenge Tehuantepec den Stillen Ocean mit dem Mexicanischen Meerbusen verbunden hätte. Für Europa würde die Verkürzung dieses Weges freilich nur 13 Procent, für New-York aber 24 und für New-Orleans sogar nahe 40 Procent betragen. Der Canal sei aber für Europa nicht entfernt von der Wichtigkeit, wie für die Vereinigten Staaten, deren Betheiligung an der Aufbringung der Kosten vorzugsweise erwartet werde, und auf die daher auch vorzugsweise Rücksicht genommen werden müsse.

Sodann wurde von verschiedenen Seiten die Verlegung des Canals in das Thal des Chagres für durchaus unpassend erklärt. Die Anschwellungen seien hier so hoch, dafs selbst Versuche, kleinere Flächen gegen solche zu sichern, mifsglückten, es wäre daher undenkbar, dafs man den Canal in viel gröfserer Tiefe, nämlich im Niveau des Meeres, gegen diese Fluthen werde schützen können. Dabei komme es aber nicht nur auf die Wassermasse an, welche der Strom aus dem Gebirge herabführt, sondern schon die Zuflüsse von den Thalrändern und aus dem Thal selbst seien übermäfsig, wenn, wie oft geschieht, der Regen so heftig ist, dafs in 12 Stunden der Regenmesser sich 5 Zoll hoch anfüllt. Der

*) Transactions of the American society of civil engineers. Ende 1879 und Anfang 1880.

Digitized by Google

Canal dürfe daher nicht in die Flufsthäler, sondern müsse auf die Wasserscheiden verlegt werden, um von keiner Seite starke Zuflüsse zu erhalten. Hiernach scheine die unter Nr. 8 erwähnte Linie besonders beachtenswerth, die aber in der Art verändert werden müsse, dafs sie, ohne das Thal des Bayano zu berühren, westlich von demselben in den Golf von Panama geführt werde.

Diese Linie sei auch die einzige, wobei alle Krümmungen sich vermeiden liefsen, welche von grofsen Schiffen doch nicht verfolgt werden könnten. Evans erwähnte, dafs er bei Bereisung des Suez-Canals Augenzeuge gewesen, wie zwei grofse Schraubendampfer festgefahren wären.

Endlich genügten auch die gewählten Dimensionen nicht, da man doch gewifs nicht die gröfsten Schiffe ausschliefsen werde. Nach den Liverpooler Schiffslisten seien daselbst 1879 schon 51 Schiffe eingelaufen, die über 400 Fufs (Englisches Maafs) lang waren. Man baue aber gegenwärtig noch bedeutend gröfsere Schiffe, so lasse die Inmand-Company einen Dampfer von 525 Fufs Länge und 53 Fufs Breite ausführen. Für diese sei die angenommene Breite des Canals, namentlich im Felsboden, viel zu geringe. Man müsse aber erwarten, dafs hier auch grofse Segelschiffe mit voller Takelage vielfach durchgehn würden, da die regelmäfsigen Winde sowohl im Atlantischen, wie im Stillen Ocean diese Schiffahrt begünstigten, während solche im Suez-Canal beinahe ganz fehle, weil die Befahrung des Rothen Meers für Segelschiffe gar zu gefährlich sei. Damit aber die Raen weder beim Begegnen zweier solcher Fahrzeuge an einander, noch in den unterirdischen Strecken gegen die Felswände stiefsen, müfsten nothwendig viel gröfsere Breiten gewählt werden.

So waren sehr bedeutende Einwendungen gegen das von der internationalen Commission gewählte Project bereits erhoben, als Herr v. Lesseps, nachdem er die verschiedenen Linien an Ort und Stelle besichtigt hatte, nach New-York kam und von dem Ingenieur-Verein zur Theilnahme an einer aufserordentlichen Sitzung am 26. Februar 1880 eingeladen wurde, wozu auch eine grofse Anzahl andrer Gäste (Herren wie Damen) Einladungen erhalten hatten.

Nachdem Lesseps durch den Präsidenten feierlich begrüfst war, ergriff er das Wort und nach manchen historischen An-

Digitized by Google

deutungen sowohl über den Suez-Canal, wie über den von Panama, waren besonders folgende Aeufserungen von Bedeutung, die wohl durch die vorstehenden Bedenken veranlafst waren. Bevor die Ausführung des Suez-Canals begonnen, sei das zum Grunde gelegte Project in vielfacher Beziehung angegriffen worden: der Wasserstand im Canal werde wegen der Porosität des Bodens nicht zu halten sein, die fortwährenden Versandungen werde man nicht beseitigen können, der Fluthwechsel im Rothen Meer werde so starke Strömungen veranlassen, dafs dadurch theils die Schiffahrt zeitweise unterbrochen, theils aber auch die Ufer heftig angegriffen werden würden und dergleichen. Die Erfahrung habe aber keins dieser Bedenken bestätigt, es sei vielmehr ein Werk geschaffen, dessen grofse Bedeutung für den Verkehr allgemein anerkannt werde. Er erwarte dieselben Erfolge auch beim Panama-Canal, dessen Ausführung jene übermäfsigen Schwierigkeiten, wie dort, nicht entgegenständen. Dort hätte man die zahllosen Arbeiter in Gegenden beschäftigen müssen, die absolut nichts lieferten, wo selbst das Trinkwasser 60 Stunden weit herbeigeführt werden mufste, und wo übermäfsige Hitze und die heftigsten Stürme die Arbeit oft unterbrachen. Die Landenge von Panama sei dagegen überaus fruchtbar, enthalte reiche Quellen und die Hitze sei viel mäfsiger, als in Aegypten. Der Fluthwechsel im Stillen Ocean werde eben so wenig störend sein, wie der im Rothen Meer. Eine Schleuse sei daher auch hier entbehrlich, er halte solche für ein so wesentliches Schiffahrts-Hindernifs, dafs, wenn die internationale Commission diese für nöthig erachtet hätte, er augenblicklich seine Betheiligung am Canalproject aufgegeben haben würde. Die Sprengungsarbeiten würden allerdings nicht leicht sein. Nachdem die Amerikanischen Ingenieure aber die Klippe bei Hellgate beseitigt haben (§ 83), so zweifle er nicht, dafs sie auch hier keine unüberwindlichen Schwierigkeiten finden werden.

Wenn in den frühern Mittheilungen über das betreffende Project bereits von Deichen die Rede war, welche die Fluthen des Chagres abhalten sollten, so erklärte jetzt Lesseps, es sei Absicht, das ganze Thal des Chagres-Flusses, ehe derselbe aus dem Gebirge tritt, durch einen 40 Meter hohen und 1600 Meter langen Damm vollständig zu schliefsen und dadurch ein Bassin zu bilden, welches tausend Millionen Cubikmeter fafst. Diese bei

Digitized by Google

heftigem Regen aufgefangene Masse solle aber in der Zwischenzeit bis zum nächsten Regen in einem ganz neu auszuhebenden Strombette, ohne Ueberschwemmungen zu veranlassen, in die See geleitet werden. Das Bette werde daher solche Dimensionen erhalten, dafs es in der Secunde 200 Cubikmeter abführen kann.

Ueber das erwähnte Auffahren der Schiffe auf die Ufer des Suez-Canals erwähnte Lesseps, dafs dieses allerdings zuweilen vorkomme, dafs aber die Schiffe immer sogleich wieder flott würden. In dem Canal selbst sei in den 11 Jahren, seitdem er eröffnet, hierdurch noch nie eine Sperrung der Schiffahrt vorgekommen. In dem Bitter-See sei dieses freilich einmal geschehn.

Lesseps hatte zu den Localbesichtigungen mehrere Ingenieure und unter diesen auch den Niederländischen J. Dirks zur Begleitung gewählt, der in Verbindung mit Hawkshaw den Canal von Amsterdam durch das Y nach der Nordsee ausgeführt. Derselbe betrat auch die Rednerbühne und nachdem er die Verdienste des Herrn v. Lesseps gerühmt, und die Schwierigkeiten angedeutet hatte, die bei Darstellung des Amsterdamer Canals zu überwinden gewesen wären, bestätigte er, dafs die Ausführung des Panama-Canals leichter als die des Suez-Canals, und sogar leichter als die mancher andern Canäle wäre, welche auch gelungen seien.

Es ergiebt sich nicht aus den sonstigen Mittheilungen, dafs die Erklärungen von Lesseps und von seinen Begleitern die Stimmung der Amerikanischen Ingenieure für das Panama-Project gehoben hätten, von grofser Bedeutung ist aber eine Adresse, die in Bezug auf diese Erklärungen der Erbauer der Brücke von St. Louis und der Correctionswerke an der Mündung des Mississippi, James B. Eads, am 9. März 1880 an den Ausschufs der interoceanischen Canal-Gesellschaft richtete. Diese gab zu eingehenden Verhandlungen Veranlassung, an denen auch Lesseps sich betheiligte.

Eads erklärte zunächst, dafs bei der gegenwärtigen Ausbildung der Technik und bei den grofsen Hülfsmitteln, welche der Maschinenbau bietet, eigentlich kein Project als unausführbar angesehn werden dürfe, er sonach auch das Panama-Canalproject für ausführbar halte, selbst wenn dabei unerwartet die gröfsten Schwierigkeiten eintreten sollten. Wie sehr aber in solchem Fall die Baukosten sich steigern, und die Bauzeit sich verlängern

Digitized by Google

würde, lasse sich nicht vorherbestimmen, und so sei es möglich, dafs diese wie jene vergleichungsweise gegen den erwarteten Nutzen des Unternehmens sich übermäfsig ausdehnten und das begonnene Werk deshalb aufgegeben würde. Der Ingenieur sei daher verpflichtet, solchen Zufälligkeiten, soweit es geschehn kann, auszuweichen, und in sorgfältige Ueberlegung zu nehmen, in welcher Weise die Aufgabe, also im vorliegenden Fall die Ueberführung grofser beladener Seeschiffe aus einem Ocean in den andern am sichersten, zugleich auch mit den geringsten Kosten und in der kürzesten Zeit sich lösen lasse. Auch müsse dabei die spätere Unterhaltung berücksichtigt werden.

In dem bereits gewählten Canalproject seien die möglichen Zufälligkeiten ganz unbeachtet geblieben, und die Kostenberechnung enthalte auch nicht die Zinsen, Commissionsgebühren, das Disconto, die gesetzlichen Abgaben und andre Nebenausgaben, die bei der Brücke von St. Louis die Bausumme verdoppelten.

Was die Zufälligkeiten betrifft, welche die Ausführung ungemein erschweren können, so erwähnt Eads, dafs bei Darstellung eines Canals über dem Spiegel des Meers die zudringenden Wassermassen sich wohl schätzen liefsen und man deren Beseitigung in Anschlag bringen könne, wenn aber, wie hier in der Tiefe von 28 Fufs unter dem Meer der Canal in dem durch Erdbeben vielfach gehobenen und zerklüfteten Gebirge der Cordilleren ausgesprengt werden solle, so sei es denkbar, dafs man Quellen begegnet, die unmittelbar von dem Meer gespeist werden, also die Trockenlegung der Baugrube unbedingt verhindern. Es gebe freilich alsdann noch immer Methoden, die Sprengungsarbeiten durch den 6 Kilometer langen Tunnel fortzusetzen, aber welche enormen Kosten und welchen Zeitaufwand würde dieses erfordern?

Demnächst sei auch die Schiffahrt mit Dampfbetrieb in einem von Felswänden eingeschlofsnen engen Canal höchst bedenklich. Das Auffahren der Schiffe auf sandige Ufer selbst mit einer mäfsigen Geschwindigkeit sei weniger gefährlich, jede Berührung eines Felsens bei der Fahrt veranlasse aber wesentliche Beschädigungen und hier komme noch das Ueberscheeren oder das plötzliche Wenden der Schiffe in Betracht, das bei tieferer Einsenkung und bei gröfserer Geschwindigkeit immer häufiger sich einstelle. Jeder Seemann wisse, dafs auf flachem Wasser das Schiff oft dem

Digitized by Google

Ruder nicht folgt, und plötzlich von selbst sich seitwärts wendet. Am meisten ist dieses in engen Fahrwassern mit steilen Seitenwänden zu besorgen. Das Schiff drängt das vor ihm befindliche, bisher ruhende Wasser gleichmäfsig nach beiden Seiten, und wenn es sich einem Ufer bedeutend mehr, als dem andern nähert, so schwillt das Wasser hier höher an und veranlafst dadurch den starken Seitendruck gegen den Vordertheil des Schiffs. Die Ausgleichung des Wasserspiegels gegen die andre Seite erfolgt aber um so langsamer, je mehr der Kiel sich der Sohle des Canals nähert. Diese Gefahr wächst also mit dem Tiefgang der Schiffe und zugleich mit ihrer Geschwindigkeit. Hiernach ist Eads der Ansicht, dafs zwischen Felsufern, und zwar eben so wohl in offenen, wie in unterirdischen Strecken, die Geschwindigkeit auf 2, oder äufsersten Falls auf $2^1/_2$ Seemeilen in der Stunde beschränkt werden müsse.

Ferner wurde die Einwirkung des bedeutenden Fluthwechsels im Stillen Ocean auf die Strömungen im Canal erwähnt, wenn derselbe keine Schleuse erhalten sollte. In dieser Beziehung hatte Lesseps freilich zugegeben, dafs die Fluthen hier gröfser, als im Rothen Meer sind, er sprach dabei jedoch die Erwartung aus, dafs sie weniger heftig in den Canal eindringen würden, sobald der Hafen von Panama gehörig vertieft wäre. Diese gewifs ganz ungegründete Hoffnung wurde von Eads zurückgewiesen. Derselbe fügte aber hinzu, dafs der in Panama angestellte Agent einer Dampfschiffahrts-Gesellschaft ihm mitgetheilt habe, der Fluthwechsel steigere sich zuweilen sogar auf 29 Fufs. Hierdurch werden unfehlbar so heftige Strömungen in dem Canal veranlafst werden, dafs nicht nur die Schiffahrt unterbrochen, sondern auch die Ufer, soweit sie nicht aus Felsen bestehn, den stärksten Angriffen ausgesetzt würden.

Demnächst bemerkt Eads, dafs es sehr schwierig sein werde, sowohl im Canal, wie in den Häfen die erforderliche Tiefe zu erhalten, da die Zuflüsse von den Seiten grofse Massen Erde und Gerölle bei heftigem Regen zuführen. Wenn auch durch jenen Damm und das neue Strombette die Fluthen des obern Chagres zurückgehalten würden, so liefsen doch weiter abwärts die Seitenzuflüsse sich nicht sperren. Deichanlagen könnten zwar einzelne Strecken des tiefen Canals sichern, aber wenn man für die

Digitized by Google

dahinter sich ansammelnden Wassermassen nicht wieder neue Flufsbetten bis zur See darstellte, so würden sie sich dennoch in den Canal ergiefsen und in demselben, oder bei ihrem Eintritt in den Hafen, die mitgeführten Stoffe fallen lassen.

Um allen diesen Uebelständen und Gefahren nicht ausgesetzt zu sein, schlägt Eads vor, man solle von der Canalanlage ganz absehn, und dafür eine passende Eisenbahn erbauen, auf der die Schiffe mit voller Ladung über den Isthmus und über die Cordilleren fort, von Meer zu Meer herüber geführt würden. Schon vor vierzig Jahren seien in dieser Weise grofse Canalböte über das Alleghany-Gebirge in Pensylvanien geschafft worden, und die neuere Technik werde dieses System leicht auf die gröfsten Seeschiffe ausdehnen lassen. Die Kosten würden sich dabei gegen den projectirten Canal auf den vierten Theil, und ungefähr eben so viel auch die Zeit der Darstellung vermindern, während alle Schwierigkeiten, die eintreten können, sich viel sicherer vorhersehn lassen. Auch in der Unterhaltung trete ein so grofser Vortheil ein, dafs die Betriebskosten dadurch reichlich gedeckt würden, während zugleich eine gröfsere Anzahl von Schiffen und zwar viel schneller befördert werden könnte.

In der darauf folgenden mündlichen Verhandlung erklärte Eads zunächst, dafs nicht er allein dieser Ansicht sei, Reed, früher erster Ingenieur beim Schiffbau der Britischen Marine, habe in den Londoner Times bereits die Hoffnung ausgesprochen, dafs man statt des Panama-Canals eine Schiffs-Eisenbahn wählen werde, und ähnliche Projecte seien auch bei andrer Gelegenheit gemacht worden.

Gewifs ist es ohne Beispiel und kann nur befremden, dafs die gröfsten Seeschiffe (wie es scheint, jedoch nur von der Handels-Marine) in voller Ausrüstung und mit voller Ladung auf einen Eisenbahnwagen gestellt und mindestens 10 Deutsche Meilen weit, und noch dazu über ein hohes Gebirge fort mit grofser Geschwindigkeit von Meer zu Meer versetzt werden sollen. Etwas Aehnliches kommt indessen auf den neueren Hellingen oder dem Slip von Morton (§ 89) bereits vor, und wenn man die heutigen Leistungen der Eisenbahnen in Betracht zieht, so läfst sich die Möglichkeit dieses Unternehmens nicht in Abrede stellen. Ein Bedenken dagegen auszusprechen, verbietet sich um so mehr, als der Ingenieur, der diesen Vorschlag macht, durch die grofsartigsten

Digitized by Google

und erfolgreichsten Ausführungen einen seltenen Ruf sich erworben hat.

Das Project dieser Schiffs-Eisenbahn wurde bei der Vernehmung durch mehrere Zeichnungen erläutert, da jedoch diese dem stenographischen Bericht nicht beigefügt sind, so kann die zum Grunde liegende Idee hier nur im Allgemeinen angedeutet werden. Auch war das Project keineswegs vollständig bearbeitet, da die erforderlichen Terrainaufnahmen noch fehlten und nur durch die Ergebnisse flüchtiger Untersuchungen oder durch diejenigen Messungen ersetzt werden konnten, welche zur Feststellung der verschiedenen Canallinien ausgeführt waren.

Das Schiff soll auf eine grofse Tafel gestellt werden, die auf so vielen Rädern ruht, dafs jedes derselben nur mit 5 Tons belastet wird. Wenn also das Schiff mit Ladung 6000 Tons wiegt, und dazu mit 25 Procent noch das Gewicht dieser Tafel nebst Zubehör, oder des Wagens kommt, so würden 1600 Räder erforderlich sein. Diese stehn auf 12 Schienensträngen, die 4 bis 5 Fufs von einander entfernt sind, und aus Stahl bestehn. Ihre Stärke ist dieselbe, wie bei gewöhnlichen Eisenbahnen erster Classe, indem der Yard (3 Fufs) 70 Pfund wiegt. Die Räder, gleichfalls mit Stahlreifen versehn, werden aber, so wie ihre Achsen und Federn auf den Druck von 20 Tons geprüft, da nicht immer alle ganz gleichmäfsig belastet sind. Der Wagen würde hiernach 50 bis 60 Fufs breit sein, wenn aber seine Länge, die nicht bezeichnet ist, auch nur etwa 200 oder selbst 100 Fufs mifst, so würde überreichlich Raum für die Aufstellung jener Räder vorhanden sein. Diese Räder sind aber nicht mittelst durchgehender fester Achsen zu zwei oder mehreren verbunden, sondern jedes hat seine besondere Achse, damit es im Fall eines Bruchs keine Entgleisung veranlafst, es auch leicht durch ein neues ersetzt werden kann.

Der Wagen soll durch zwei Locomotiven gezogen werden, welche die fünffache Zugkraft der gewöhnlichen Gütermaschinen haben und auf zwei Geleisen laufen. Dieses genügt in der That, da auch die schweren Gütermaschinen auf unsern Bahnen über 500 Tons Bruttolast bei Steigungen von 1 : 100 noch bequem ziehn. Auf andere Geleise werden die Transportwagen für Wasser und Kohlen gestellt.

Digitized by Google

Eads erwartet, dafs die Bewegung des grofsen Wagens sehr sanft und frei von allen Stöfsen sein wird, indem die Unebenheiten der Bahn durch die vielen Federn über den Rädern ausgeglichen werden. Der Wechsel im Gefälle wird durch sanfte Uebergänge so gemäfsigt, dafs der verticale Bogen in der Länge des Wagens sich nicht merklich von der Sehne entfernt. In Betreff der Krümmungen der Bahn ist dieses ausdrücklich angegeben, indem dieselben wenigstens mit dem Radius von einer Meile beschrieben sein sollen. Die Gefälle der Bahn werden auf allen in Betracht kommenden Linien sich auf das Maafs von 1 : 100 beschränken lassen, auf der Panama-Linie wahrscheinlich auf 6 : 1000. Um ferner das Begegnen zweier Schiffe auf der Bahn zu ermöglichen, sollen nach Bedürfnifs Schiebebühnen angebracht werden, auf welchen der eine Wagen zur Seite geschoben wird, während dieselbe Bühne noch die zwölf andern Schienen trägt, welche die Verbindung beider Strecken darstellt.

Sehr eingehend wurde in der Vernehmung die Frage behandelt, in welcher Weise die Schiffe auf die Wagen gestellt werden sollen, und ob dieses ohne Nachtheil für die beladenen Schiffe geschehn könne. Eads erklärte dabei, dafs er mit dem Schiffbau genau bekannt sei, denselben auch sowohl wissenschaftlich erlernt, wie vielfach ausgeübt habe. So habe er für die Regierung vierzehn grofse eiserne Schiffe erbaut. Indem man dabei aber immer den Fall ins Auge fassen müsse, dafs bei starkem Seegange das Schiff vorn und hinten von zwei Wellen getragen wird, in der Mitte ihm aber die Unterstützung fehlt, so sei es Bedingung, das Schiff so zu verstärken, dafs wenn es wie ein Brückenträger nur an beiden Enden aufsteht, es dennoch bei voller Ladung nicht weiter durchbiegt, als die Elasticitätsgrenzen dieses gestatten. Ein Schiff von 300 Fufs Länge wird dabei freilich etwa 3 Zoll durchbiegen, bei späterer gleichmäfsiger Unterstützung aber, also wenn es auf ruhigem Wasser schwimmt, seine frühere Form wieder annehmen. Der Fall, dafs das Schiff nur in der Mitte getragen wird und seine Enden frei schweben, sei von weniger Bedeutung. Dabei wird erwähnt, dafs der bereits genannte Schiffbauer Reed zum Beweise der Unschädlichkeit des Transports auf Eisenbahnen anführe, der Northumberland, ein sehr grofses eisernes Schiff mit fünf Masten sei beim Ablauf auf

Digitized by Google

dem untern Rande der Helling stehn geblieben und zwar so, dafs 170 Fufs (ein hundert und siebenzig Fufs) seiner Länge bei fallendem Wasser sogar frei in der Luft geschwebt hätten. So habe es zwei Monate hindurch gestanden, bis es endlich bei einer besonders hohen Fluth flott geworden wäre. Dabei sei es aber unbeschädigt geblieben. Auf die Frage, ob kein nachtheiliges Ausbauchen der Seitenwände durch die Ladungen zu besorgen sei, erklärte Eads, dafs solches doch nur beim Getreide zu vermuthen wäre, nachdem er aber gesehn, wie in den Schiffen auf dem Mississippi die schwächsten Bretterwände für solchen Druck genügten, so würden jedenfalls die Balken des Decks und Zwischendecks diesem Druck hinreichend Widerstand leisten. Er fügte hinzu, jedes Schiff, welches für stark genug erachtet würde, den Atlantischen Ocean zu befahren, könne auch ganz sicher auf den Eisenbahnwagen gestellt werden.

Ueber das Verfahren beim Aufbringen der Schiffe auf die Bahn wurde die Erklärung abgegeben, es solle neben dem Hafen in einer zunächst noch abgeschlofsnen Baugrube mit der Neigung von 1 : 100 die Bahn bis 30 Fufs unter Wasser herabgeführt werden. Dieselbe solle auch mit Mauern umgeben und am untern Ende zum Verschlufs durch Stemmthore oder durch Pontonthore eingerichtet werden. Diese würden jedoch nur bei vorkommenden Reparaturen geschlossen, sonst blieben sie immer geöffnet. Der Enddamm, der dieses 3000 Fufs lange Bassin zunächst vom Hafen trennt, werde später durchstochen und durch Baggern vollständig beseitigt.

Solle nun ein Schiff transportirt werden, so lasse man, wie auf den Slips geschieht, zuerst den Wagen hinreichend tief herablaufen, führe das Schiff darüber und richte es gehörig ein, so dafs der Kiel sich über der Mittellinie befindet. Nunmehr wird eine Dampfmaschine in Thätigkeit gesetzt, welche Wagen und Schiff so weit zieht, bis letzteres mit dem Kiel überall den Wagen berührt. In dieser Zeit wird das Schiff noch durch das Wasser in seiner lothrechten Stellung gehalten, um diese aber ferner zu sichern, werden jetzt keilförmige Klötze von beiden Seiten durch kräftige Winden unter den Boden gezogen, wie die Figuren 244 und 268, die sich auf das Patent-Slip und auf das schwimmende Dock beziehn, angeben. Diese Klötze bewegen sich auf festen

Digitized by Google

Bahnen, greifen also tief unter Wasser sicher ein. Sie sollen in Abständen von 10 Fufs, vielleicht auch noch näher an einander eingeschoben werden. Wenn dieses aber geschehn ist, so wird die stehende Maschine wieder angelassen, die den Wagen bis über Wasser heraufzieht, worauf jene beiden Locomotiven sich davor spannen. Eads meint, das ganze Manöver zum Aufstellen des Schiffs werde sich etwa in einer halben Stunde ausführen lassen. Das Ablassen des Schiffs am Ende der Bahn und zwar wieder in ein gleiches Bassin, erfolgt augenscheinlich noch viel schneller, da man den Wagen alsdann nur so weit herabläfst, dafs das Schiff frei aufschwimmt.

Eads erklärte noch, dafs wenn die Panama-Linie gewählt würde, der Bau der Eisenbahn nebst den beiderseitigen Bassins für 50 Millionen Dollars in fünf Jahren auszuführen sei.

Digitized by Google

Zehnter Abschnitt.

Bagger.

Digitized by Google

Digitized by Google

§ 74.

Allgemeine Bemerkungen.

Baggerarbeiten oder solche Aufräumungen der Fahrwasser und Liegestellen der Schiffe, wodurch die Untiefen unmittelbar beseitigt werden, kommen zwar vielfach in Flufshäfen und Canälen und selbst in Strömen und Flüssen vor, doch finden sie in gröfserm Maafse in den Seehäfen Anwendung, woher die dazu dienenden Apparate am passendsten bei Gelegenheit des Hafenbaues beschrieben werden. In vielen Fällen wird durch Baggern eine Untiefe entfernt, welche schon lange bestanden hat, häufiger geschieht es aber, dafs man nur die Ablagerungen entfernt, welche eine schwache Strömung herbeiführt, und da im letzten Fall die Ursache der Verflachung nicht aufhört, so mufs auch die Vertiefung in längern oder kürzern Zwischenzeiten immer von Neuem vorgenommen werden. Die Strömung in den Häfen ist gewöhnlich so gering, dafs selbst die feinern Niederschläge dadurch nicht angegriffen werden. Diese Schwächung des Stroms rührt aber davon her, dafs ein sehr breites und tiefes Profil nothwendig ist, um für eine grofse Anzahl von Schiffen die erforderlichen Liegeplätze zu schaffen.

Die Niederschläge rühren theils von den Flüssen und Bächen her, die sich in den Hafen ergiefsen und die erdigen Theilchen oder den Sand und Kies, die sie mit sich führen, darin absetzen. Andrerseits aber werfen auch die Wellen, indem sie mit heftiger Bewegung einlaufen, grofse Massen von Sand und Kies hinein, und besonders geschieht dieses, wenn zugleich eine starke Einströmung stattfindet. Dazu kommt noch, dafs oft von den kahlen Dünen in der Nähe Sand hineinfliegt, auch Kehricht und andrer Schmutz in den Hafen geworfen, oder durch Strafsenrinnen ihm zugeführt wird. Ebenso pflegt auch Asche und Schlacken

Digitized by Google

aus den Dampfschiffen, selbst wenn es polizeilich verboten ist, über Bord geschüttet zu werden. Verunreinigungen dieser Art lassen sich bei gehöriger Aufsicht grofsentheils vermeiden, auch kann man die kleinern Wasserläufe, die in den Hafen treten, zuvor in Schlammkasten reinigen. Dafs man in gleicher Weise das Geschiebe und den Kies, welchen Bäche aus nahe liegenden Gebirgen hinzuführen, abzuhalten im Stande ist, ist bereits § 39 erwähnt. Nichts desto weniger lassen sich die Verflachungen, die von gröfsern Strömen und von der See herrühren, gemeinhin nicht vermeiden, noch auch durch Spülung vollständig beseitigen, namentlich wenn der Hafen für eine grofse Anzahl von Schiffen die nöthigen Liegeplätze bieten soll, und folglich grofse Querprofile haben mufs.

Es giebt hiernach nur wenige Häfen, in welchen immer wiederholte Baggerungen entbehrlich sind. Diese verursachen unzweifelhaft bedeutende Kosten, doch müssen letzte durch den Verkehr gedeckt werden, und kommen meist weniger in Betracht, als die localen Schwierigkeiten, welche den Baggerarbeiten vielfach entgegentreten.

Hieher gehört zunächst der Wellenschlag. Derselbe ist Veranlassung, dafs die Hafenmündung in andrer Weise, nämlich durch möglichste Verstärkung des Stromes offen erhalten werden mufs. Betrachtet man näher die Sand- oder Kiesmassen, welche die Mündungen periodisch verflachen oder vollständig sperren, so sind diese nicht so grofs, dafs man sie bei geregeltem Betriebe der Baggerung nicht leicht und zwar mit geringern Kosten beseitigen könnte, als wenn man etwa zur Verlängerung der Hafendämme sich entschliefsen wollte. Die Schwierigkeit liegt aber darin, dafs die See nur selten und nur auf kurze Zeit sich soweit abstillt, dafs der Bagger in der Mündung oder vor derselben arbeiten kann, wenn letztere nicht etwa so geschützt liegt, wie bei Neufahrwasser. Es mag gleich hier bemerkt werden, dafs längere Bagger bei mäfsigem Wellenschlag noch benutzt werden können, während kürzere wegen der stärkern Bewegung schon den Dienst versagen.

Demnächst ist auch im innern Hafen, wenn derselbe nur wenig Breite hat, das Baggern für die Schiffahrt störend. Man kann wohl, wie auch immer geschieht, das Anlegen der

Digitized by Google

Schiffe an diejenige Stelle, die gerade vertieft wird, verbieten, aber der Durchgang der Schiffe beim Ein- und Auslaufen läfst sich nicht verhindern, und es treten alsdann häufig sehr störende Unterbrechungen ein. Aus diesem Grund durfte früher in den Häfen von Hinterpommern kein kräftiger Dampfbagger angewendet werden, weil ein solcher bei der beschränkten Breite der Häfen dieselben ganz gesperrt haben würde.

Endlich verursacht auch die Beseitigung des gehobenen Sandes oder der Baggererde oft grofse Schwierigkeiten. Selbst wenn man dieselbe auf die nächsten Ufer karren wollte, fehlt es zuweilen an dem dazu erforderlichen Raum. Dieses Verkarren ist aber jedesmal sehr theuer, und die Kosten dafür stellen sich meist höher, als das eigentliche Baggern. Die Vertiefung würde also wegen der übermäfsigen Kosten sich zuweilen gar nicht ausführen lassen, wenn man nicht das vom Bagger gehobene Material unmittelbar in die See oder in verlafsne Flufsarme verstürzen könnte. Dieses Verstürzen in die See ist ohne Nachtheil, wenn es in gehöriger Entfernung und zwar auf derjenigen Seite des Hafens geschieht, von wo die Küstenströmung es nicht zurückführt. Von diesem Verfahren kann man indessen nur Gebrauch machen, wenn der Hafen und seine Mündung hinreichend weit sind, so dafs ein Zug von 3 bis 6 grofsen Prahmen von einem kräftigen Bugsirboot aus- und eingeschleppt werden kann. Andrerseits hat man in neurer Zeit auch verschiedentlich die Einrichtung getroffen, dafs das ausgehobene Material unmittelbar auf das Ufer gelangt, indem es entweder reichlich mit Wasser vermengt in Rinnen dahin fliefst, oder durch die Maschine herüber gehoben wird. Beides ist indessen nur möglich, wenn die zu vertiefende Rinne nahe am Ufer liegt, und dieses nicht hoch ist.

Man benennt die Bagger gemeinhin nach der Kraft, durch welche sie in Bewegung gesetzt werden, und spricht deshalb von Dampf- und Pferde-Baggern. Dieselbe Art der Bezeichnung wird jedoch nicht auf diejenigen angewendet, welche durch Menschenkraft getrieben werden. Man nennt diese vielmehr Handbagger. Indem dabei aber vielfach und sogar gewöhnlich gleichfalls mechanische Vorrichtungen benutzt werden, so dafs der Bagger wirklich eine Maschine und nicht nur ein Werkzeug ist, so ist diese letzte Benennung mit Rücksicht auf den

Digitized by Google

Begriff der Handarbeit nicht passend gewählt. Die erwähnte Eintheilung der Bagger ist aber auch in sofern nicht angemessen, als die verschiedenen Betriebskräfte keineswegs verschiedene Einrichtungen bedingen. So stimmen zum Beispiel die bei uns üblichen Bagger, mögen sie durch Dampf oder Pferde oder Menschen in Bewegung gesetzt werden, in ihrer ganzen Einrichtung wesentlich überein, sie lösen und heben das Material vom Grund mittelst einer geneigten Eimerkette ohne Ende, und aufserdem sind sie auch mit Vorrichtungen zur Seitenbewegung versehn. Dagegen sind andre Bagger, mag die Betriebskraft diese oder jene sein, wesentlich davon verschieden, und sonach empfiehlt es sich, sie nach der Art ihrer Wirksamkeit zu unterscheiden und zu gruppiren.

Unter diesem Gesichtspunkt tritt sogleich eine sehr auffallende Verschiedenheit hervor. Einige Baggerapparate müssen für jede einzelne Förderung besonders eingestellt und jenachdem sie die Erdmasse lösen oder heben, in andrer Art in Bewegung gesetzt werden. Die Mehrzahl der Baggermaschinen haben dagegen eine continuirliche und ziemlich gleichmäfsige Bewegung, indem eine grofse Anzahl von Kesseln oder Eimern vorhanden ist, von denen jederzeit einer in den Boden einschneidet und sich füllt, während die andern theils das gelöste Material heben, und theils wieder leer herabgehn. Zu den erstern gehört der einfache Sackbagger, der ohne weitere mechanische Vorrichtung aus freier Hand benutzt wird, doch läfst er sich auch mit Windevorrichtungen verbinden und dadurch zu einem sehr wirksamen und unter gewissen Umständen unentbehrlichen Apparat umwandeln. Es hindert auch nichts, in diesem Fall ihn durch ein Pferd oder eine Locomobile in Bewegung zu setzen. Der leinene oder lederne Sack ist indessen kein unterscheidendes Merkmal dieses Baggers, der Gebrauch desselben bleibt vielmehr unverändert, wenn auch statt des Sacks eine Art von Schaufel oder ein anders gestalteter Löffel benutzt wird. In sofern dieser Behälter aber jedesmal mit einem Stiel versehn ist, so dürfte die allgemeinste Bezeichnung eines solchen Apparats Löffelbagger sein.

Unter denjenigen Baggermaschinen, welche in continuirlicher Bewegung erhalten werden, sind ohne Zweifel die sogenannten Radbagger die einfachsten. Die Schaufeln oder

Digitized by Google

Kessel sind am Umfange eines verticalen Rades angebracht, sie schneiden in den Grund und füllen sich an der tiefsten Stelle, entleeren sich aber, sobald sie die gröfste Höhe erreicht haben. Ohnerachtet der Einfachheit bietet diese Anordnung dennoch manche Schwierigkeiten, und namentlich erfolgt die Entleerung der Eimer meist so unvollständig, dafs ein grofser Theil des gelösten Materials nicht aufgefangen werden kann, sondern wieder in das Wasser herabstürzt. Man hat von Radbaggern nur selten Gebrauch gemacht, und vielleicht kommt ein solcher gegenwärtig gar nicht mehr vor.

Die gewöhnlichste Einrichtung besteht darin, dafs eine Kette ohne Ende mit einer grofsen Anzahl von Eimern versehn ist, die während sie in den Grund eingreifen und eben so auch, während sie sich bewegen an beiden Enden auf zwei Trommeln von quadratischem oder polygonalem Querschnitt aufliegen. Zwischen letztern ruht die Kette entweder auf einer Rüstung, der sogenannten Baggerleiter, oder sie hängt mit den Eimern frei herab. Hierbei tritt noch der wesentliche Unterschied ein, dafs die Eimer entweder lothrecht auf- und absteigen, oder dafs sie nach Maafsgabe der Neigung, welche man der Leiter giebt, sich in schräger Richtung bewegen.

Diesen Baggern mit geneigter Eimerkette steht sehr nahe die Moddermühle, die in den Niederlanden vielfach, zuweilen auch in Deutschland gebraucht wird. Ein Schaufelwerk schneidet den weichen Thon vom Grunde ab und schiebt denselben in einer flach ansteigenden Rinne in den Prahm, auf dem derselbe weiter verfahren wird. Diese Maschine hebt nur reinen und sehr weichen Boden.

Wesentlich verschieden von den vorstehend benannten sind die Pumpenbagger, welche den Sand oder die Erde zugleich mit vielem Wasser, also eine ziemlich dünnflüssige Masse, fördern. Der wesentliche Vorzug derselben besteht darin, dafs diese Masse in Rinnen oder Röhren sogleich auf das Ufer fliefsen kann, also der sehr kostbare weitere Transport des gehobenen Materials fortfällt. Erst in neuster Zeit sind diese Maschinen versucht worden, sie haben aber bereits sehr ausgedehnte Verwendung gefunden, wozu ihre grofse Einfachheit gewifs beigetragen hat.

Aufser diesen eigentlichen Baggerapparaten müssen auch

Digitized by Google

die Anstalten zur Beseitigung des gehobenen Materials, und namentlich die Baggerprahme erwähnt werden.

Einige allgemeine Bemerkungen über die Ausführung der Baggerarbeiten dürften hier die passendste Stelle finden. Wenn man eine Untiefe, mag sie aus Sand oder Thon bestehn, beseitigen will, so ist es bedeutend schwieriger, in derselben die erste Vertiefung darzustellen, als eine solche später zu erweitern, und dieses rührt nicht von der gröfsern Festigkeit der Oberfläche her, vielmehr davon, dafs der Eimer besser schöpft und einschneidet, wenn er ansteigend eingreift, und sonach das gelöste Material von selbst in ihn hineinfällt, als wenn er sich horizontal oder abwärts bewegt. Hierdurch begründet sich die Regel, dafs man immer gegen den Berg baggern mufs. Hieran schliefst sich eine andre Regel an, nämlich dafs nach Maafsgabe der Gröfse der Eimer die Vertiefung nicht unter einem gewissen Maafse bleiben, noch auch dasselbe bedeutend überschreiten darf. Soll der Boden mehrere Fufs tief beseitigt werden, so mufs der Bagger wiederholentlich darüber geführt werden, wenn aber zuletzt nur eine Schicht von einigen Zollen Höhe noch übrig bleibt, so wird die Leistung des Baggers überaus geringfügig, und sonach die Arbeit höchst kostbar. Obwohl man freilich solche geringfügige Vertiefungen zuweilen versucht, so lassen sich dieselben doch immer vermeiden, wenn man auf die unvermeidlichen spätern Verflachungen Rücksicht nimmt. Damit beim Eintritt derselben die Schiffahrt nicht sogleich wieder gestört wird, beschränkt man die Vertiefung niemals auf das vorliegende Bedürfnifs, sondern pflegt immer mindestens 1 Fufs weiter zu gehn. Da dieses Uebermaafs aber willkürlich angenommen ist, so steht es frei, davon um einige Zolle abzuweichen. Wenn aber, wie doch nothwendig, die Untiefe vorher sorgfältig nach ihrer Ausdehnung und Höhenlage gemessen ist, so kann man die Höhe der verschiedenen Schichten, die man abhebt, auch in der Art wählen, dafs man bei jedem Uebergange das passende Maafs innehält. Es darf kaum darauf aufmerksam gemacht werden, dafs bei der jedesmaligen Einstellung des Schlittens oder des einzelnen Löffels der Wasserstand sorgfältig beachtet werden mufs, und es ist deshalb nothwendig, in der Nähe des Baggers einen Pegel aufzustellen, den der Baggermeister stets beobachten kann. Vorzugsweise ist diese Vor-

Digitized by Google

sicht nothwendig, wo Fluth und Ebbe stattfindet, doch darf sie auch auf Gewässern nicht unterlassen werden, wo diese fehlt, weil der Wind leicht Aenderungen von einigen Zollen veranlassen kann, die bei sorgsamer Arbeit nicht unbeachtet bleiben dürfen. Eben so mufs auch an die Leiter ein Stab befestigt sein, der jeder Zeit die Tiefe angiebt, in welcher die Eimer einschneiden.

Zuweilen ist die zu beseitigende Untiefe so fest abgelagert, dafs der Bagger nicht eingreifen kann, obwohl das Material, woraus sie besteht, von der Art ist, dafs es durch die Eimer gefafst und gehoben werden könnte, wenn der Zusammenhang desselben einigermafsen gelockert wäre. Dieses ist namentlich der Fall, wenn der Boden aus grobem Kies besteht und dazwischen zäher Thon niedergeschlagen ist. Es ist bereits erwähnt worden (II. Theil dieses Handbuchs § 53), dafs unter ähnlichen Verhältnissen bei Gelegenheit der Schiffbarmachung des Severn diese Schwierigkeit durch Sprengen gehoben wurde, indem man Löcher bohrte und hierin Petarden explodiren liefs. Dasselbe Verfahren hat in neuster Zeit auch bei den Vertiefungen des Winterhafens in Memel Anwendung gefunden und zu günstigen Resultaten geführt. Dieser Hafen hat eine Ausdehnung von 18 Morgen. Anfangs verursachte die Baggerung keine Schwierigkeit, indem der Grund nur aus Sand bestand. In der Tiefe von 12 Fufs traf man aber auf eine sehr feste Schicht, in welche die Eimer nicht eindrangen. Dieselbe bestand aus einer Ablagerung von grobem Kies und gröfsern Steinen, die durch eine compacte Thonmasse mit einander verbunden waren. Der dortige Hafen-Bauinspector Bleek löste diese Verbindung, indem er in Abständen von 10 Fufs Bohrlöcher von 8 Fufs Tiefe herabtrieb, in welche Petarden, deren jede 3 Pfund Pulver enthielt, eingesetzt wurden. Er bediente sich dabei eines fest vor Anker gelegten Balkenflofses, in welchem die Balken lichte Zwischenräume von 4 Fufs Weite liefsen, so dafs die Bohrungen an den passenden Stellen leicht ausgeführt werden konnten. Die sämmtlichen 40 Schüsse, die jedesmal unter dem Flofs eingesetzt wurden, explodirten gleichzeitig. Hierdurch wurde der Boden so gelockert, dafs der Bagger darin eingreifen und ihn heben konnte.

In vielen Fällen befinden sich in den Fahrwassern, die man vertiefen will, und zwar vorzugsweise wenn sie bisher diese Tiefe

Digitized by Google

noch nicht hatten, so grofse Geschiebe, dafs dieselben von den Eimern nicht gefafst werden können. Alsdann ist es nothwendig, dieselben durch Taucher mit Ketten umschlingen zu lassen und sie mittelst dieser aufzuwinden. Solche Fälle ereignen sich häufig bei Vertiefung der verschiedenen Fahrwasser in der Nähe der Ostseeküste, und man hält daher hier vielfach Taucherapparate in Bereitschaft, um die gröfsern Blöcke sicher fassen zu können. Sind die Geschiebe aber ziemlich frei gelegt, so lassen sie sich am bequemsten mittelst der Steinkörbe heben, die im II. Theil § 52 beschrieben sind.

Endlich bleibt noch die Frage zu beantworten, in welcher Weise man eine möglichst gleichmäfsige Vertiefung darstellen kann. Bei allen Apparaten, die nicht continuirlich arbeiten, sondern jedesmal neu eingestellt werden, wird die Aufgabe dadurch gelöst, dafs man immer die höchsten Punkte der Fläche angreift. Anders verhält es sich jedoch mit denen, wo ein Eimer nach dem andern zum Angriff kommt und die Maschine dauernd in Thätigkeit bleibt. In England, wie auch grofsentheils in Frankreich und theilweise in Deutschland, ist es üblich, den Bagger nur in einer Richtung zu verankern, und zwar in derjenigen, in der die Eimer einschneiden. Diese müssen jedenfalls gegen den Druck, den sie auf den Boden ausüben, gestützt werden, weil sie sonst mit dem ganzen Bagger zurückgedrängt werden würden. Wenn nur eine Rinne in der Breite der Eimer ausgehoben wird, wählt man die in Fig. 192 *c* dargestellte Anordnung. In den Punkten *A* schneiden die Eimer ein, der Hauptanker befindet sich daher an dem Tau *B*. Ein andres Ankertau ist in der Richtung *E* gespannt. An diesem holt man das Baggerschiff zurück, sobald eine Rinne dargestellt ist und eine zweite ausgeführt werden soll. Um alsdann aber dem Schiff den nöthigen Zug nach der Seite zu geben, damit die Eimer nicht in der ersten Rinne bleiben, so werden in einiger Entfernung zur Seite des Hauptankers noch zwei andre Anker ausgebracht, deren Taue in *C* und *D* dargestellt sind.

Bei diesem Verfahren gelingt es indessen nicht, die nach und nach ausgehobenen Rinnen mit einander vollständig zu verbinden, und es bleiben vielmehr zwischen ihnen höhere Rücken. Selbst wenn man durch Quertaue den Bagger zurückzuhalten

Digitized by Google

versucht, so dringen die Eimer doch bald in die bereits vorhandene Furche, indem sie den Anker, der dieses verhindern soll, nach sich ziehn. In dieser Weise hatte man sich vor etwa vierzig Jahren in dem Frischen Haff zwischen Königsberg und Pillau vergeblich bemüht, eine ebene Sohle darzustellen. Auch in Cuxhaven hörte ich den Lootsen-Commandeur einst klagen, dafs er ohnerachtet der ausgeführten Vertiefung dennoch die Schiffe nicht über die Rücken bringen könnte, die stehn geblieben wären. Dafs diese wirklich und sogar in der Höhe von 2 Fufs existirten, ergab sich sehr deutlich, als ein Peilstock senkrecht an das Boot befestigt war, und mit letzterm quer über die Rinnen gezogen wurde. Dieser Peilstock ruhte auf einem leichten eisernen Rade, welches in gleicher Art, wie die Rollen unter den Tischfüfsen, sich immer in die Richtung der Bewegung stellte. Oft ist eine solche ungleichmäfsige Vertiefung ohne Nachtheil, denn sobald ein starker Strom darüber geht, so werden die Rücken angegriffen und es erfolgt bald ohne weiteres Zuthun die nöthige Ausebnung. In solchen Häfen, welche nicht stark durchströmt werden, ist indessen hierauf nicht zu rechnen, und man mufs alsdann dafür sorgen, dafs der Bagger selbst überall die Sohle gleichmäfsig vertieft und möglichst ebnet.

Bei den alten Pferdebaggern, die nach Holländischen Mustern erbaut, schon vor mehr als 100 Jahren in unsern Ostsee-Häfen üblich waren, ist diese Aufgabe sehr vollständig gelöst, wie überhaupt diese Bagger in jeder Beziehung sehr zweckmäfsig eingerichtet waren. Die specielle Beschreibung der Maschine wird später mitgetheilt werden, hier wäre nur zu bemerken, dafs die Eimerkette nicht in der Längenachse des Schiffs liegt, sondern an dessen schmaler Seite sich befindet, wie Fig. 192*a*. bei *A* zeigt. In der Richtung der Leiter liegt der Hauptanker, der mittelst des Taues *B* den erforderlichen Zug ausübt, damit die Eimer in den Grund eingreifen. Der Bagger bewegt sich seitwärts hin und her, indem er Kreisbogen um den weit entfernten Hauptanker beschreibt. Nur wenn ein solcher Querweg, der die ganze Breite des Fahrwassers umfafst, beendigt ist, so wird jenes Tau *B* etwas eingeholt, damit die Eimer beim Rückwege neue Angriffspunkte finden. Zur Darstellung der Seitenbewegung sind zwei andre Anker ausgebracht, und die beiden

Digitized by Google

daran befestigten Taue *C* und *D* sind mit einander verbunden und um ein kleines Gangspill *F* geschlungen. Dreht man dieses nach der einen oder der andern Seite, so bewegt sich der Bagger rechts oder links, und indem dieser Weg in der Richtung seiner Länge erfolgt, so findet er nur geringen Widerstand. Die Mannschaft, welche den Baggerprahm führt, also während der Beladung desselben ohne Beschäftigung sein würde, mufs dieses Spill drehn, wobei sie wenig angestrengt wird. Vergleichungsweise gegen die bei uns üblichen Dampfbagger, auf welchen die Maschinen selbst die Taue der Anker *C* und *D* anziehn, ist die vorstehend erwähnte Anordnung insofern vortheilhafter, als häufig in der zu beseitigenden Fläche sich einzelne Stellen befinden, die schon an sich tiefer sind, welche daher von den Eimern nicht angegriffen werden, und bei deren Ueberfahrung die Maschine wirkungslos bleibt. Trifft man auf solche Stellen, so werden die Arbeiter angewiesen, das Spill schnell zu drehn, wird dagegen dieses oder die zu gleichem Zweck aufgestellte Winde von der Maschine in Bewegung gesetzt, so rückt das Fahrzeug immer mit gleicher Geschwindigkeit fort, wenn auch wegen der gröfsern Tiefe die Eimer keinen Boden fassen. Endlich ist noch ein vierter Anker in der Richtung von *E* ausgebracht, dessen Tau jedoch gemeinhin nicht gespannt ist, sondern lose auf dem Bagger liegt. Dasselbe wird nur angezogen, wenn vielleicht an einzelnen tiefern Stellen, wo also die Eimer nicht den nöthigen Widerstand finden, der Bagger durch den Wind oder die Spannung des Haupttaues sich dem Anker *B* zu sehr nähert.

Bei dieser Art der Benutzung des Baggers erfolgt die Vertiefung überaus gleichmäfsig, so dafs ich oft vergeblich nach Stellen gesucht habe, die auch nur 3 Zoll über die allgemeine Sohle vorragten. Auch in England ist man später in einzelnen Fällen zu dieser Methode übergegangen. Ein Englischer Ingenieur, der sich jedoch nur mit dem Anfangsbuchstaben seines Namens unterzeichnet hat, kündigte im Jahre 1843 diese Art des Baggerns, die er das Radial-Baggern nannte, als seine Erfindung an*), und bald darauf wurde erklärt, dafs Cubitt hiervon schon früher Gebrauch gemacht habe.

*) Civil Engineer and Architect's Journal. 1843. Pag. 138.

Digitized by Google

Wenn man die zuerst erwähnte seitliche Bewegung gröfsern Dampfbaggern geben will, bei welchen die Eimerketten in der Längenrichtung des Schiffs angebracht sind, so mufs man dafür sorgen, dafs letzteres, welches in seiner Breite hin- und hergeschoben werden mufs, sich nicht dreht und dadurch das regelmäfsige Eingreifen der Eimer verhindert. Zu diesem Zweck sind, wie Fig. 192 *b*. zeigt, auf jeder Seite zwei Anker (*C* und *D*) erforderlich, welche das Schiff vorn und hinten halten. Um die betreffenden Taue gleichmäfsig anzuziehn und daher jene Drehung zu verhindern, sind an jeder Seite beide Taue in derselben Richtung um die Winden *F* geschlungen, bei deren Bewegung sie also in gleichem Maafse auf einer Seite verlängert und auf der andern verkürzt werden. Diese Winden *F* drehn sich gemeinhin um horizontale Achsen und werden von der Dampfmaschine in Bewegung gesetzt.

Auch in neuster Zeit ist in England wieder eine ähnliche Einrichtung erfunden und patentirt (Knipple's circular and radial dredging)*). Dabei dreht sich der von einer Dampfmaschine in Bewegung gesetzte Baggerapparat im Kreise um eine feste Achse. Auffallender Weise sind dabei gleichzeitig zwei verschiedene Vorrichtungen für diese Drehung vorgesehn, nämlich theils wird das kreisrunde Fahrzeug durch einen in seinem Mittelpunkt eingestellten Schraubenpfahl gehalten, und theils kann die Maschine die auf demselben Fahrzeuge über einer Kreisbahn steht, sich drehn. Der Bagger soll in der Art zur Vertiefung eines nicht breiten Canals benutzt werden, dafs man die Eimer der geneigten Baggerleiter von einem Ufer bis zum andern eingreifen läfst, und alsdann den Schraubenpfahl löst und ihn etwa 1 Fufs weiter wieder einstellt, was doch recht zeitraubend sein dürfte. Das gehobne Material fällt aber auf das Fahrzeug und wird von hier durch eine zweite Baggermaschine auf das Ufer gefördert. Nach der Mittheilung leistete diese Maschine mehr als irgend eine andre, doch wurde dieses in einer der nächsten Nummern derselben Zeitschrift widerrufen.

Es mufs noch erwähnt werden, dafs diejenigen Bagger, die zur Vertiefung eines Seehafens und namentlich der Mündung des-

*) The Engineer 1877. II. pag. 274.

Digitized by Google

selben bestimmt sind, so eingerichtet werden müssen, dafs sie bei schwachem Wellenschlag noch arbeiten können. Gegen das Schwanken in der Querrichtung oder das Rollen lassen sie sich nicht sichern, doch kommt es hierauf weniger an, da man sie so stellt, dafs die Wellen sie vorn treffen. Dagegen müssen sie bei dieser Stellung möglichst ruhig liegen, also nicht stampfen, und dieses mäfsigt sich bei einer bedeutenden Länge des Fahrzeuges. Die Ankündigungen Englischer Ingenieure und Fabrikanten von Baggern, die bei heftigem Seegang noch arbeiten, beruht stets auf einer ungewöhnlichen Länge der Baggerschiffe.

Endlich wird die Benutzung der Bagger in und an der See noch wesentlich dadurch erleichtert und gesichert, wenn man sie mit einer oder zwei Schrauben versieht, welche durch die Dampfmaschine in Bewegung gesetzt werden können. Bei plötzlich eintretendem Sturm läfst sich alsdann der Bagger selbst leicht bergen, während das Bugsirboot nur zum Einbringen der Prahme benutzt werden darf. Solche grofsen Bagger werden zuweilen auch so eingerichtet, dafs sie selbst den gehobenen Baggerschlick in sich aufnehmen, also keiner Bagger-Prahme bedürfen, deren Anlegen an sie im Wellenschlag immer bedenklich ist. Ihr Betrieb wird dabei aber jedesmal unterbrochen, so oft sie die volle Ladung eingenommen haben, die zunächst wieder beseitigt werden mufs.

§ 75.

Löffel-Bagger.

In den zu dieser Classe gehörigen einfacheren und zusammengesetzteren Apparaten ist der Behälter, mit dem der Boden gelöst oder geschöpft und zugleich gehoben wird, jedesmal mit einem langen Stiel versehn. Er ist aber sehr verschieden gestaltet. Zuweilen besteht er nur in einer Schaufel, während er vielfach eine prismatische Form hat. Sehr oft fehlen ihm aber die festen Wände vollständig, und er wird nur durch einen leinenen oder ledernen Sack gebildet, an dem ein eiserner Bügel befestigt ist. In letztem Fall nennt man ihn Sackbagger, und solche

Digitized by Google

werden besonders häufig angewendet, weil sie mit den mindesten Kosten einzurichten sind.

Fig. 193 zeigt diesen Apparat in seiner einfachsten Form. Der eiserne Ring, woran der leinene Sack befestigt ist, hält etwa 9 Zoll im Durchmesser. Er ist in seinem untern Theil verbreitet und zugeschärft, so dafs sich hier eine Schneide bildet, die leicht in den Boden eindringt. Oben verbindet er sich mit einer Röhre, welche den hölzernen Stiel umfafst. Der Sack ist so grofs, dafs er einen halben bis drei Viertel Cubikfufs fassen kann, doch gewöhnlich füllt er sich nur etwa zur Hälfte. Die Arbeiter stehn auf einem kleinen Prahm, und zwar nahe am Rand desselben auf einer festen, oder nur lose übergelegten Bohle. Bevor sie die Baggerung beginnen, mufs das Fahrzeug festgestellt werden, und dieses geschieht gewöhnlich durch vier schräge in den Grund gestofsne Stangen, deren obere Enden an die Poller gebunden werden. Zwei derselben kommen an die Langseite, neben der die Arbeiter stehn, und eine an jede schmale Seite.

Der Sack wird alsdann in einiger Entfernung vom Prahm in der Richtung ausgeworfen, welche die Zeichnung angiebt, und hierauf legt der Arbeiter den Stiel des Baggers auf seine linke Schulter, um einen sichern Stützpunkt zu gewinnen, und zieht mit beiden Händen die Stange an sich heran, indem er sie zugleich herabdrückt. Bei leichtem Boden geschieht dieses ohne besondre Mühe, und nachdem die Stange sich beinahe lothrecht gestellt hat, hebt er sie so weit, dafs der Sack über dem Borde schwebt. Nunmehr fafst er die Stange nahe über dem Sack, giebt ihr eine horizontale Lage und indem er sie dreht, entleert sich der Sack über dem Prahm.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs diese Arbeit immer um so schwieriger wird, je gröfser die Wassertiefe ist, weil dabei die Länge des Hebelsarmes, an dem die Kraft ausgeübt wird, dieselbe bleibt, während der Hebelsarm, der den Widerstand zu überwinden hat, immer gröfser wird. Aufserdem wird die Arbeit auch mühsamer, wenn der Boden fest ist. Beide ungünstigen Umstände vereinigten sich bei der Vertiefung des Nordholländischen Canals, wo die untern Schichten, die noch beseitigt werden mufsten, aus festem Torf bestanden. Gewifs war es höchst unpassend, dafs man unter solchen Verhältnissen noch von dem einfachen Sack-

Digitized by Google

bagger Gebrauch machte, doch die Arbeit war in Entreprise gegeben, und dem Unternehmer fehlten die Mittel zur Anschaffung kräftiger Maschinen. Die Leute mufsten ihre volle Kraft anwenden, um mit dem Bügel in den Torf einzuschneiden, und wenn dieses geschehn war, so entstand die neue und noch gröfsere Schwierigkeit, das gefafste Stück abzubrechen, also den Bagger zu heben. Sie hatten zu diesem Zweck einen starken Riemen über die Hüften befestigt, und das lose Ende desselben schlangen sie möglichst tief mehrmals um die Stange und umfafsten es mit der Hand, um ein Abgleiten zu verhindern. Dabei bogen sie die Knie, um den Oberkörper etwa 6 Zoll tief herabsinken zu lassen. Wenn sie sich nunmehr aufrichteten und abwechselnd nach einer und der andern Seite sich überneigten, so gelang es ihnen endlich, das Stück zu lösen, doch dauerte jede Förderung 2 bis 3 Minuten, und das gehobene Stück hielt selten einen halben Cubikfufs. Die Anstrengung war aber so grofs, dafs in kurzen Zwischenzeiten lange Pausen eintreten mufsten.

Die Arbeit läfst sich unter ungünstigen Umständen wesentlich erleichtern, wenn man zwei Leute bei einem Sackbagger anstellt, indem der eine denselben einsetzt und herabdrückt, bis er sich gefüllt hat, während der andre ihn mittelst einer Leine durch den Grund zieht. Die ganze Anordnung ist alsdann sehr nahe dieselbe, wie bei dem Ballast-Bagger (Fig. 195).

Beim Schleusenbau neben Hüningen wurde der Fig. 194 dargestellte Löffel-Bagger benutzt, der aus einer blechernen Schaufel von etwa 1 Quadratfufs Grundfläche bestand. Der Gebrauch desselben ist dem des Sackbaggers gleich, nur fand Beaudemoulin es vortheilhaft, zwei Arbeiter dabei anzustellen. Einer derselben setzt die Schaufel mit ihrer Schneide schräge gegen den Boden, und der andre drückt mit einer Gabel, die das untere Ende des Stiels umfafst, von der hintern Seite dagegen, wodurch das Eindringen in den kiesigen Grund sehr erleichtert wird. Es mufs daran erinnert werden, dafs die gelöste Masse unter Wasser einen grofsen Theil ihres Gewichts verliert, und sonach das Heben derselben aus gröfserer Tiefe die Arbeit wenig erschwert. Bei allen Baggerarbeiten wird überhaupt der gröfste Theil der Kraft auf das Eindringen und Füllen der Eimer oder Löffel verwendet, während das Heben sowol unter, als über

Digitized by Google

Wasser vergleichungsweise nur eine geringe Kraft in Anspruch nimmt.

Der Englische Ballast-Bagger, den man namentlich auf der Themse vor London vielfach in Thätigkeit sieht, ist Fig. 195*a*. in der Seitenansicht und *b* in der Ansicht von oben dargestellt. Das Fahrzeug ist ein starkes Seeboot von etwa 40 Fufs Länge und 20 Fufs Breite. Dasselbe ist mit 2 Stagsegeln und einem Gaffelsegel versehn, der Klüver, der die Bewegung der Maschine hindern würde, wird während des Baggerns beseitigt, woher er auch in der Figur nicht gezeichnet ist. Das Boot ist weniger zum schnellen Segeln, als zum Aufnehmen einer grofsen Menge Ballast eingerichtet. Derselbe findet in dem freien mittlern Raum Platz, während unter dem vordern Verdeck die Segel und sonstigen Geräthe untergebracht werden und unter dem hintern das Logis für die Mannschaft sich befindet.

Beim Beginn der Ebbe gehn diese Fahrzeuge die Themse herab und ankern über den Kiesbänken, von wo sie den Ballast zu entnehmen angewiesen sind. Hier wird eine passende ebene Stelle ausgesucht, so dafs beim fallenden Wasser das Boot gehörig unterstützt wird, wenn es auch vielleicht ganz im Trocknen stehn sollte. Durch seitwärts ausgesteckte Bäume, an die es gebunden wird, verhindert man das Umfallen. Die Wassertiefe, in welcher gebaggert wird, ist daher in der Regel nicht viel gröfser, als die Einsenkung des Bootes. Auf dem Fahrzeuge befinden sich 4 Mann, die es sowohl bei der Fahrt bedienen, als auch die Baggerung ausführen. Bei der nächsten Fluth mufs die Ladung eingenommen sein, die sogleich als Ballast an die Schiffe abgegeben wird. Alle Ballast-Bagger sind geaicht, und an den Zahlen auf den Vorder- und Hintersteven kann der Schiffer unmittelbar ablesen, wie viel Tons Ballast ihm zugeführt werden. Dieses Baggern geschieht vorzugsweise zur Gewinnung des Kieses, demnächst aber auch zur Beseitigung derjenigen Untiefen, welche der Schiffahrt besonders nachtheilig sind. Dieser Kies besteht vorzugsweise aus den Feuersteinknollen, welche die Fluth aus dem Canal hinzuführt, woher ohnerachtet des bedeutenden Ballastverkehrs dennoch eine Abnahme des Kieses nicht bemerkt wird. Wenn einzelne höhere Bänke auch zu Zeiten beseitigt werden, so erscheinen sie bald wieder in gleicher Höhe und Ausdehnung.

Digitized by Google

Zum Schöpfen des Kieses dient ein Sackbagger, der in seiner Form dem beschriebenen Handbagger gleicht, nur ist er viel gröfser. Der eiserne Ring hält etwa 2 Fufs im Durchmesser und der Sack ist über 3 Fufs lang, er kann daher etwa 8 Cubikfufs aufnehmen. Dieser Sack besteht aus starkem Leder und zu mehrerem Schutz ist er mit Tauen umsponnen. An dem mit einer Schneide versehenen Ringe, woran der Sack hängt, sind aufser dem 3 bis 4 Zoll starken Stiel noch zwei Ringe befestigt, in welche zwei Ketten eingreifen. Letztere vereinigen sich bald in eine, und diese ist über die Winde geführt, welche die Zeichnung angiebt. Indem diese Kette angewunden wird, zieht sie den Ring mit dem Sack in solcher Richtung, dafs die Schneide in Wirksamkeit bleibt. Die Kette ist indessen nicht unmittelbar nach der Trommel der Winde geführt, sondern zunächst über eine Scheibe auf einem Krahn, der zwischen die Inhölzer des Fahrzeuges eingreift.

Einer von den Arbeitern setzt den Bagger in der Art rückwärts aus, wie Fig. 195 *a.* zeigt. Der Sack mit dem Ringe würde aber durch den sehr steilen Zug der Kette sogleich gehoben und von dem Grunde entfernt werden, also keine Wirkung haben, wenn man ihn nicht zurückhielte. Dieses geschieht dadurch, dafs an den Poller, der sich hier befindet, ein starkes Tau angebunden ist. Dieses schlingt der Arbeiter mehrmals um den Stiel des Baggers und umfafst die Windungen mit der Hand, wodurch ein Abgleiten verhindert wird. Hierdurch wird der Bagger gezwungen, einen Kreisbogen zu beschreiben, dessen Mittelpunkt jener Poller ist, und auf diese Art schneidet er in den Grund ein. Es ist aber keineswegs erforderlich, dafs der Bagger immer unmittelbar neben dem Schiff ausgesetzt wird, vielmehr kann dieses auch in einiger Entfernung geschehn, und namentlich mufs man, wenn das Fahrzeug auf dem Grunde steht, den Kies von einer gröfsern Fläche entnehmen, weil sonst das Boot in die Grube fallen würde.

An der Achse des Getriebes, welches in das grofse Rad der Winde eingreift, befinden sich zwei Curbeln, an derjenigen, die der Mitte des Schiffs zugekehrt ist, können zwei Mann arbeiten, die andre bietet wegen der daneben befindlichen Trommel nur Raum für einen. Diese drei Arbeiter, gewöhnlich kräftige Leute,

Digitized by Google

ziehn nun den Bagger durch den Grund, und heben ihn so weit, dafs er in diejenige Lage kommt, welche punktirt angegeben ist. An der Stelle, wo der Bagger aufgezogen wird, ist das Fahrzeug mit starkem Eisenblech verkleidet, weil ohne diese Vorsicht die Bohlen bald beschädigt würden. Schwebt der Baggersack frei über Bord, wobei der Stiel auf dem hintern Deck liegt, so greift der Arbeiter, der bisher den letztern führte, den kleinen an eine Leine gebundenen Haken, den die Figur schwebend zeigt, und befestigt denselben an den am untern Ende des Sacks befindlichen Ring. Hierauf holt er das andre Ende der Leine scharf an, und schlingt es um eine Klampe. Alsdann wird der Sperrkegel an der Winde gelöst, die Kette läuft aus und der Sack entleert sich lothrecht unter dem Block, um welchen jene Leine geschlungen ist. Die Befestigung des Blocks läfst sich aber leicht beliebig verändern, indem man den Block am Ladebaum verschiebt, oder den Ladebaum selbst in eine andre Richtung bringt, und ihn durch Leinen in dieser festhält. Auf solche Art läfst sich der Kies ziemlich gleichmäfsig im Raum vertheilen. Die vier Mann pflegen in einer Ebbe 20 bis 30 Last Kies zu gewinnen, also $2^1/_2$ bis $3^3/_4$ Schachtruthen.

Wenn das Fahrzeug nicht, wie auf der Themse der Fall ist, zuweilen einem heftigen Wellenschlag ausgesetzt ist, so empfiehlt es sich, demselben weniger Tiefe und dagegen eine gröfsere Länge zu geben. Die Kette, woran der Sack aufgezogen wird, läfst sich alsdann vortheilhafter anbringen, aber sehr wichtig bleibt immer die Vorsicht, dafs der Stiel des Baggersacks sicher zurückgehalten wird, um das Durchschneiden des Grundes zu veranlassen und das Ausweichen der Schneide nach oben zu verhindern. Sind die vorzunehmenden Vertiefungen von keiner bedeutenden Ausdehnung und beschränkt sich ihre Dauer nur auf kurze Zeit, so läfst sich derselbe Sack auch bequem von einem leicht zusammengefügten Flofs oder von einer Rüstung aus benutzen, indem man an solche den Krahn und eine Winde befestigt, man mufs indessen alsdann ein besonderes Fahrzeug in Bereitschaft halten, um jedesmal den Inhalt des Baggersacks aufzunehmen. Lehnt sich dieses Flofs in der Richtung des Zugs der Kette gegen das Ufer oder sonstige feste Punkte, so kann man die Winde entbehren und statt der Mannschaft, welche diese in Bewegung setzt, Pferdekraft benutzen.

Digitized by Google

Man befestigt alsdann an das Ende der Kette einen Block, und einen zweiten an das Ufer. An die darin eingeschorne Leine wird das Pferd gespannt und dasselbe entwickelt in dieser Weise den nöthigen Zug, um sowohl den Grund zu durchschneiden und den Baggersack zu füllen, als auch, um denselben mit seinem Inhalt so hoch über Wasser zu heben, dafs er sich in das darunter geschobene Fahrzeug entleert. Wegen dieser verschiedenen, immer höchst einfachen Einrichtungen, die man nach Umständen wählen kann, findet der beschriebene Bagger vielfache und vortheilhafte Anwendung. Man wird sich freilich nicht auf ihn beschränken, wenn ausgedehnte Flächen oder längere Fahrwasser vertieft werden sollen, wobei die continuirlich wirkenden Bagger jedenfalls den Vorzug haben und namentlich beim Betrieb durch Dampfkraft die Kosten wesentlich vermindern, aber solche Bagger lassen sich gemeinhin entweder gar nicht, oder nur mit wenig Erfolg benutzen, wenn es sich darum handelt, in einem beschränkten Raum, also etwa in der Ecke eines Hafens oder zwischen Duc d'Alben die erforderliche Tiefe darzustellen.

Sehr ähnlich diesem Ballastbagger wirkt ein gröfserer Löffel-Bagger, der schon vor langer Zeit in den Vereinigten Staaten sowohl auf Strömen und Canälen wie in Häfen gebraucht wird, und der gegenwärtig nach Einführung des Betriebs durch Dampf daselbst noch ausgedehntere Anwendung gefunden hat. Man nennt ihn den Taucher-Bagger (dipping dredging machine). In den Einzelheiten der Construction wird er sehr verschieden ausgeführt. Seine wesentliche Anordnung ist Fig. 255 auf Taf. XLV dargestellt.

An der schmalen Seite eines flachen Prahms und zwar in der Mitte derselben ist die mit dem Ausleger verbundene gufseiserne hohle Drehsäule *a* aufgestellt. An ihrem obern Ende wird sie durch einen Bügel umfafst, der an dem Giebelbalken *b* eines leichten, doch hinreichend verstrebten kleinen Gebäudes befestigt ist, worin sich nicht nur die Dampfmaschine, sondern auch das Kohlenmagazin und andre Materialien und Apparate befinden. Ihr Fufs steht in einer gleichfalls durchbohrten Pfanne.

Zwei Halbhölzer *c*, die den Ausleger bilden, umfassen den Kopf der Säule und sind mit diesem, wie auch an ihrem äufsern Ende unter sich verbunden, während sie durch zwei Streben *d*

Digitized by Google

unterstützt werden, die gleichfalls auf Schuhen stehn, die an die Säule angegossen sind. Der cylindrische Blecheimer *f*, der 25 bis 50 Cubikfuſs faſst, ist an einen langen hölzernen Stiel *g* befestigt und dieser bewegt sich zwischen den beiderseitigen Verbandstücken des Auslegers. Er liegt auf einer Rolle *h* auf, an deren Achse sich noch ein gröſseres Rad befindet. Um die Rolle *h* ist eine Kette geschlungen, die an beide Enden des erwähnten Stiels befestigt sind. Wenn jenes gröſsere Rad gedreht wird, so schiebt sich der Stiel mit dem Blecheimer weiter vor, oder zieht sich zurück. Diese Drehung geschieht mittelst einer in das Rad eingreifenden Kette, die zugleich um das kleinere mit einer Kurbel versehene Rad *i* geschlungen ist. Der Eimer *f* ist durch Flacheisen mit dem Stiel verbunden, aufserdem aber noch durch eine eiserne Stütze, die ihn ohnfern seiner Mündung faſst. Am hintern Ende ist er nicht geschlossen, sondern mit einem Deckel versehn, den die Figur geöffnet zeigt. Dieser Deckel schlieſst sich leicht durch eine Klinke, öffnet sich aber, sobald letztere durch eine Leine angezogen wird. Aufserdem umfaſst ein Bügel den Eimer und hieran wird er mittelst der über mehrere Rollen geführten Kette durch den Grund gezogen und gehoben. Diese Kette aber, die von der Dampfmaschine angezogen wird, ist in der Achse der Drehsäule durch dieselbe, so wie durch ihre Pfanne hindurchgeführt. Auf diese Art kann der Ausleger gedreht werden, ohne daſs die Kette sich dabei verlängert oder verkürzt.

Um den Ausleger zu drehn, ist ein groſses guſseisernes Rad *k* horizontal an die Säule befestigt, und in der Rille desselben liegt eine Kette, die sowohl in diese, wie auch in ein andres kleineres Rad eingreift, das von der Dampfmaschine langsam in einer oder der andern Richtung gedreht werden kann.

Ueber die Ausführung der Baggerarbeit ist wenig hinzuzufügen. Nachdem der Prahm an die passende Stelle gebracht ist, wird er daselbst festgestellt, indem man zwei Pfähle auf beiden Seiten seines vordern, und einen dritten an seinem hintern Ende in den zu diesem Zweck angebrachten Führungen herabstöſst. Alsdann läſst man die Zugkette auslaufen, wobei der Eimer solche Lage annimmt, daſs der Stiel sich unmittelbar neben dem Prahm senkrecht stellt. Der Eimer dringt dabei nur wenig

Digitized by Google

in den Boden ein, und würde beim Anziehn der Kette auch wenig Erde fassen, wenn er bei der nunmehr eintretenden Bewegung nicht herabgedrückt würde. Dieses bewirkt ein Arbeiter, indem er die Kurbel *i* dreht und ihr Rücklaufen verhindert. Sollte aber etwa ein grofser Stein oder ein andrer Gegenstand gefafst werden, der nicht nachgiebt, so dreht man die Kurbel zurück, worauf sich sogleich der Eimer hebt. Wenn endlich der Zug der Kette sehr steil aufwärts gerichtet ist, so dafs der Eimer sich nicht weiter vom Prahm entfernen kann, so wird beim fortgesetzten Anziehn der Kette der Eimer gehoben und nimmt dabei die in der Figur angegebene Lage an. Er wird aber nur so weit gehoben, dafs ein andrer Prahm, welcher den Sand aufnehmen soll, so eben darunter fahren kann. Indem nunmehr jene an die Klinke befestigte Leine angezogen wird, löst sich der Deckel, und der Eimer entleert sich. Wenn man dem Ausleger verschiedene Richtungen giebt, so kann man, ohne das Baggerfahrzeug zu bewegen, diese vertieften Rinnen von einer Seite bis zur andern verlegen, so dafs sie nahe um 180 Grade verschieden sind. Wenn aber die Baggerung neben dem Ufer erfolgt, so läfst sich auch mittelst des Auslegers der Eimer bis über das Ufer bringen und hier ausstürzen, so dafs der weitere Transport des gehobenen Materials entbehrlich wird.

Malézieux*), der diesen Bagger vielfach und namentlich auf dem Illinois-Canal in Thätigkeit sah, sagt, dafs derselbe bis zur Tiefe von 22 Fufs unter Wasser arbeitet, und, wie er selbst beobachtet, gegen 100 Cubikfufs in der Minute fördert. Wenn der Grund nahe horizontal liegt, was namentlich beim Beginn der Baggerung fast immer der Fall ist, so dürfte der Eimer nur eingreifen, wenn er kräftig hineingedrückt wird, da man den Stiel nicht so stellen kann, dafs bei der ferneren Bewegung in der Kreisbahn der Eimer sich noch tiefer senkt. Dieser Uebelstand verschwindet indessen, sobald man erst eine Grube ausgehoben hat, und alsdann der Eimer von der Sohle derselben gegen die steil ansteigende Seitenwand gezogen wird. Nichts desto weniger ergiebt sich doch hieraus, dafs dieser Bagger in lockerm Boden am brauchbarsten sein wird, und hiermit stimmen auch die

*) Travaux publics des Etats-unis d'Amérique. Paris 1873.

Digitized by Google

verschiedenen sonstigen Mittheilungen über seine Wirksamkeit überein.

Malézieux vergleicht diesen Bagger mit den in Europa üblichen Baggern mit geneigten Eimerketten, und giebt dem erstern den Vorzug, der nach seinen Worten wie ein Riesenarm in kurzen Zwischenzeiten mit dem grofsen Eimer aus der Tiefe den Sand und Thon schöpft und an passender Stelle auswirft, ohne das Material auch nur um einen Fufs höher zu heben, als gerade nöthig ist, der dabei aber so vorsichtig arbeitet, dafs er jeden zufälligen Widerstand berücksichtigt und überall die Vertiefung nur so weit fortsetzt, als erforderlich, also jede beliebige Böschung darstellt, während andrerseits der Europäische Bagger ohne Rücksicht auf alle zufälligen Umstände immer gleichmäfsig mit der rohen Starrheit der Ketten ohne Ende fortarbeitet, und daher bei eintretendem Widerstand die Eimer, die Ketten und die Bolzen zerbricht. Wenn Letzteres auch nicht zugegeben werden kann, wie im Folgenden gezeigt werden wird, so ist doch nicht zu leugnen, dafs dieser Bagger in beschränktem Raum wie auch zur Darstellung der Dossirungen tauglicher ist, dafs dabei auch keine Kraft durch überflüssige Hubhöhe verschwendet wird, vor Allem aber, dafs er für sehr geringe Kosten darzustellen, auch der Betrieb in sofern nicht theuer ist, als nur drei Mann zu seiner Bedienung genügen. Dieses sind der Maschinenmeister, der Heizer und der Baggermeister, der die Signale zum Anziehn und Lösen der Zugkette und zum Drehn des Krahns giebt, und der selbst den Eimer mit dem Stiel einstellt und führt.

Wenn man aber fragt, weshalb in Amerika unsere Bagger so wenig Eingang gefunden haben, so ist der Grund dafür wohl nur in der dortigen Bauverwaltung und in der Gewohnheit zu suchen, Alles auf Entreprise ausführen zu lassen. Wenn einem Unternehmer die Beseitigung einer untiefen Stelle in einem Hafen oder sonst wo übertragen wird, so fühlt sich derselbe gewifs nicht veranlafst, für solche vorübergehende Verwendung einen Bagger zu erbauen, der wie erfahrungsmäfsig bei fortgesetzter Benutzung 20 bis 30 Jahre vorhält. Er stellt sich vielmehr die Aufgabe, mit möglichst geringen Kosten einen Apparat zusammenzusetzen, der für den vorliegenden Zweck eben ausreicht. Prahme und Locomobilen sind später wieder anderweitig nutzbar, und was

Digitized by Google

sonst an Holz und Eisen erforderlich ist, mufs einfach sein, auch eine spätere andre Verwendung möglichst gestatten. Diesen Bedingungen entspricht der beschriebene Bagger gewifs vollständig, und verdient daher auch Nachahmung, sobald gleiche Verhältnisse vorliegen.

Es mag hier erwähnt werden, dafs der sogenannte Excavator, oder die Maschine, welche man namentlich bei Eisenbahnbauten zum Ausgraben tiefer Einschnitte benutzt, sehr genau dieselbe Einrichtung, wie dieser Bagger hat. Sie unterscheidet sich von demselben vorzugsweise dadurch, dafs die Achse, um welche der Stiel des Eimers sich dreht, gegen diesen nicht verstellt werden kann, der Stiel vielmehr an seinem Ende die Achse umfafst. Diese Vereinfachung ist hier zulässig, insofern der Eimer nur zur geringer Tiefe, nämlich nur bis zum Planum der Bahn herabgelassen wird. Die Maschine steht auf Schienen, mufs aber darauf besonders festgestellt werden, weil sie sonst durch den Widerstand, den der Eimer findet, zurückgeschoben würde. Indem der Eimer in einem Kreisbogen sich hebt, füllt er sich. Da der Krahn aber wieder gedreht werden kann, so läfst sich der Boden auch seitwärts ausheben und dadurch dem Einschnitt eine beliebige Breite geben. Ein zweites Geleise wird neben das erste verlegt, und hierauf steht der Wagen, in welchen der Eimer seinen Inhalt ausschüttet.

Nächst dem beschriebenen ist in den Vereinigten Staaten seit langer Zeit noch ein andrer Bagger im Gebrauch, der den auszuhebenden Boden wie mit zwei Händen oder einer Zange fafst, der dort Grapple dredging machine heifst, und den man Zangen-Bagger nennen könnte. Derselbe ist etwas einfacher als der frühere, vor dem er den Vorzug hat, dafs er auch in festen Boden eingreift, und selbst grofse lose Steine sicher fafst und hebt. Ein Kasten aus Eisenblech von halbcylindrischer Form, der sich eben so öffnet und schliefst, wie diejenigen, welche man zum Versenken des Bétons benutzt (beschrieben und gezeichnet im I. Theil dieses Handbuchs § 48 und Fig. 263) wird geöffnet und auf den Grund herabgelassen, wobei die Wände schon etwas eindringen. Wenn die Dampfmaschine ihn alsdann an der um seine Achse geschlungenen Kette emporhebt, so schliefst er sich und umfafst dabei die zwischen seinen

Digitized by Google

beiden Hälften befindliche Erde, die er auf diese Weise heraufbringt.

Die Aufstellung der Maschine ist folgende. Auf einem flachen Prahm steht ein dreibeiniger Bock, und zwar so, dafs zwei Beine desselben eine schmale Seite des Prahms umfassen. Alle drei Beine müssen gehörig befestigt sein, damit der Bock nicht umkippt, wenn er einen starken Zug nach vorn oder nach einer Seite erleidet. Lothrecht unter dem Kopf des Bocks befindet sich ein aufwärts gerichteter starker Bolzen und diesen umfafst der Schuh eines weit vortretenden Ladebaums, dessen Kopf in gleicher Weise mit dem Kopf des Bocks durch eine Kette verbunden ist. Ein kleines hölzernes Gebäude befindet sich auf dem Prahm, worin die Dampfmaschine steht, auch Materialien, wie Utensilien aufbewahrt werden. Die Feststellung des Prahms geschieht wieder eben so, wie bei jenem Bagger, mittelst zweier in Führungen herabgestofsner Pfähle. Der Ladebaum kann, so oft es nöthig ist, durch zwei Seitentaue gedreht werden, gemeinhin sind diese aber festgebunden, so dafs er seine Stellung nicht ändert. Um bequem bis zu seinem Kopf gelangen zu können, sind Sprossen auf seine obere Fläche genagelt, auch wohl eine leichte eiserne Handlehne an einer Seite angebracht. Oben befinden sich nicht nur die beiden Scheiben, worüber die Ketten laufen, mittelst deren der eiserne Kasten geöffnet und herabgelassen, wie auch gehoben wird, sondern aufserdem sind zu beiden Seiten noch zwei eiserne Ringe angebracht, worin zwei lange Stangen eingeschoben sind, die den Kasten zwischen sich halten. Zuweilen fehlen diese Stangen, alsdann läfst sich das Drehn des Kastens und das Verschlingen beider Ketten aber kaum vermeiden, und aufserdem ist man in diesem Fall auch gezwungen, mit Peilstäben die Tiefen besonders zu messen, in welchen der Grund angegriffen wird, während jene Stangen in den darauf gezeichneten Maafsen dieses schon erkennen lassen.

An die Stangen schliefst sich ein starker eiserner Rahmen an, der den Baggerkasten umfafst, wie Fig. 256 *a*, *b* und *c* auf Taf. XLV in zwei Seitenansichten und im Durchschnitt zeigt. Die beiden cylindrischen Quadranten, welche den Kasten bilden, drehn sich um zwei nahe neben einander befindliche Achsen, die am Rahmen befestigt sind. In die Wände des Kastens greifen

Digitized by Google

oben vier Glieder ein, deren andre Enden durch eine gemeinschaftliche Achse verbunden sind. Wenn letztere von jenen ersten Achsen entfernt wird, so öffnet sich der Kasten, im entgegengesetzten Fall schliefst er sich. Damit diese Achse solche Bewegungen machen kann, greift sie durch passende Schlitze jenes Rahmens hindurch.

Wenn eine Kette an diese Achse, eine zweite aber an den Rahmen befestigt ist, so wird der Kasten, sobald er an der ersten hängt, sich schliefsen, sich dagegen öffnen, wenn die letzte ihn trägt. Das Schliefsen würde aber beim Eingreifen in den Grund, wenn es nicht in andrer Weise noch befördert wäre, nur sehr langsam erfolgen, wobei also ein grofser Theil des bereits gefafsten Materials wieder herausfiele. Einigermaafsen läfst sich dieses schon verhindern, wenn die Kette, mittelst deren der Kasten gehoben wird, gleichfalls an die obere Achse befestigt und um eine darunter befindliche Rolle geführt wird, die mittelst eines Querarms mit dem Rahmen verbunden ist. Indem man diese Kette aufwärts zieht, wird sie, bevor der Kasten sich hebt, mit einem Druck, der dem betreffenden Gewicht der ganzen zu hebenden Masse gleich ist, die obere Achse herabziehn, also auf die Schliefsung des Kastens hinwirken. Dieser Druck läfst sich aber, wenn kleinere Rollen mit der ersten verbunden werden, noch wesentlich verstärken. Man hat in dieser Beziehung verschiedene Anordnungen getroffen, die einfachste ist wohl diejenige, welche die Figur zeigt. Die Hebekette ist nämlich in der Rille der gröfsern Rolle befestigt, diese wird also gedreht. Auf die Achse derselben sind noch zwei kleinere Rollen aufgezogen, welche an der Drehung von jener Theil nehmen. Auch an diese sind Ketten befestigt, die in der entgegengesetzten Richtung umgeschlungen sind und in die obere Achse eingreifen, die sich in den Schlitzen des Rahmens auf und ab bewegen kann. Nach Maafsgabe des Verhältnisses der Durchmesser der grofsen und der beiden kleinern Rollen verstärkt sich also der Zug, womit der Kasten geschlossen wird, gegen das ganze Gewicht des zu hebenden Apparats. Doch auch bei dieser Anordnung scheint der Schluſs nicht ganz scharf zu sein, wenigstens bemerkt man, dafs die Maschine um so weniger Material fördert, je feiner dasselbe ist, und dafs ihre Leistung bei feinem Sand sehr mäfsig bleibt.

Digitized by Google

Die Figuren 256 *a* und *b* stellen den Apparat in derjenigen Stellung dar, die er annimmt, wenn er so eben herabgelassen ist, und die Kette angezogen wird, die ihn schliefsen soll. Fig. *b* ist aber nicht Seitenansicht, sondern Durchschnitt, woher die Rollen darin vollständig zu erkennen sind. Fig. *c* zeigt dagegen den Kasten in der Seitenansicht, während er heraufgezogen wird. Er hängt noch an der um die Rolle geschlungenen Kette, sobald aber nunmehr die andre hier vom Rahmen verdeckte Kette angezogen wird, welche die bewegliche Achse faſst, so öffnet sich der Kasten und läſst seinen Inhalt fallen.

Besteht der zu beseitigende Boden aus schwerem Gerölle und kommen darin selbst gröfsere Steine vor, so würde der nur aus Blech gebildete Kasten leicht verbogen und beschädigt werden. Man verstärkt ihn daher in diesem Fall durch kräftige Zinken, die ihn auf der äufsern Seite umfassen, und welche auf ihn aufgenietet sind. Handelt es sich dagegen nur um Beseitigung von Steinen, so fällt die Verkleidung mit Blech ganz fort, und der Kasten verwandelt sich in ein Gitterwerk. Dabei tritt indessen zuweilen die Aenderung ein, daſs die Zinken sich rückwärts über die feste Achse hinaus fortsetzen. Wenn alsdann die Glieder, welche die Verbindung mit der beweglichen Achse darstellen, in die Enden der Verlängerungen eingreifen, so wird beim Anziehn der beweglichen Achse der Apparat nicht wie früher geöffnet, sondern im Gegentheil geschlossen, und zwar geschieht dieses mit gröfserer Energie, als wenn jene Glieder die Zinken selbst, oder Ansätze derselben vor der Achse faſsten. Die Anbringung der Rollen ist daher in diesem Fall entbehrlich, und zwar um so mehr, als es dabei auf einen dichten Schluſs nicht ankommt. Fig. 257 zeigt in den ausgezogenen Linien diesen Apparat geschlossen und in den punktirten geöffnet.

Diese Zangen-Bagger zeichnen sich, wie sie auch eingerichtet sein mögen, vor den meisten übrigen dadurch aus, daſs sie auch bei mäſsigem Wellenschlag noch bequem benutzt werden können. Sie stellen keineswegs eine ebene Sohle dar, vielmehr heben sie nur stellenweise grofse Massen aus, aber die Ausgleichung erfolgt, wenn eine kräftige Strömung darüber streicht. Sie werden daher vorzugsweise zur Vertiefung der Vorhäfen benutzt, und es scheint,

Digitized by Google

dafs sie in solchem Fall in den Vereinigten Staaten allen andern vorgezogen werden.

An die hier beschriebenen Bagger schliefst sich ein Apparat an, den man wohl noch niemals zur Vertiefung eines Fahrwassers benutzt hat, der aber namentlich bei Fundirungen auf Brunnen zum Ausheben des Bodens sehr geeignet ist, und der nicht mit Stillschweigen übergangen werden darf, da er in neuster Zeit auch bei uns mehrfach mit Vortheil verwendet ist. Dieses ist die sogenannte Indische Schaufel.

Dieselbe war schon früher in Ostindien bei Brunnenanlagen benutzt worden, doch geschah dieses noch mit Hülfe von Tauchern, weil sie sich von selbst nicht gehörig anfüllte. Beim Bau der auf Brunnen fundirten Brücke über den Summafluſs gab man ihr die Fig. 254 dargestellte Anordnung, indem man sie zugleich ganz in Eisen ausführte. Sie besteht in einer flach gekrümmten Scheibe von etwa $2\frac{1}{2}$ Fuſs Länge und 2 Fuſs Breite, deren Ansicht Fig. 254 *c* zeigt, und die mittelst einer darunter befindlichen Schiene, so wie zweier schrägen Stützen mit einem stärkern Arm verbunden ist. An jedes Ende dieses Arms ist eine Leine befestigt, so daſs er in zwei verschiedenen Richtungen aufgehängt werden kann. Fig. *a* zeigt diejenige, in der die Schaufel herabgelassen wird. Dieselbe steht alsdann beinahe senkrecht, und dringt um so leichter in den Boden ein, als sie selbst, so wie auch die Stützen zugeschärft sind. Das Eindringen wird aber noch befördert, indem man vor dem Herablassen des Apparats eine starke Stange, die unten mit einem gabelförmigen Eisen versehn ist, in eine Vertiefung des Armes einstellt, wie dieselbe Figur zeigt. Mittelst dieser Stange wird ein kräftiger Druck auf die Schaufel ausgeübt, und wenn es nöthig sein sollte, wird sie noch wiederholentlich gehoben und herabgestoſsen, bis sie hinreichend tief in den Grund eingedrungen ist. Alsdann wird die Stange entfernt und das Tau, woran die Schaufel bisher hing, gelüftet und nunmehr das andre Tau angezogen. Hierdurch nimmt die Schaufel die in Fig. *b* angegebene Stellung an, und wird durch eine einfache Windevorrichtung gehoben.

Der groſse Vorzug dieser Maschine vor andern Apparaten besteht darin, daſs sie sehr wenig Raum einnimmt, und bis zu groſser Tiefe noch bequem benutzt werden kann. Wiederholent-

Digitized by Google

lich hat man mittelst derselben Brunnen bis 40 Fuſs unter das Grundwasser versenkt.

Einen eigenthümlichen Bagger, der auch zu den Löffel-Baggern gerechnet werden muſs, benutzte man bei Vertiefung des Canals von Bourgogne*). Fig. 196 auf Taf. XXXVIII zeigt denselben in zwei verschiedenen Stellungen, nämlich in *A* während er eingesetzt wird. Er nimmt aber die Stellung *B* an, wenn er nicht mehr eingreift. Er besteht aus einem Kasten von Eisenblech, der 23 Zoll breit und im Boden 12 Zoll lang ist. Dieser wird auf drei Seiten von senkrechten Wänden eingeschlossen, während die vierte, die in den Grund eindringt, flach ansteigt und am Rande mit Zinken versehn ist, um den Kies besser zu fassen.

Der auf solche Art gebildete Kasten ist auf seiner hintern Seite mit einem hölzernen Stiel versehn. Die Richtung des letztern weicht etwas von der des obern Randes des Kastens ab, so daſs, wenn dieser horizontal steht, der Stiel um einige Grade sich über den Horizont erhebt. Demnächst wird der Kasten neben der Schneide durch zwei Ketten gefaſst, die sich bald in eine vereinigen und vom Ufer aus angezogen werden, um sowohl den Bagger zu füllen, als auch um denselben nebst seinem Inhalt auf das Ufer zu bringen. Um diese Bewegung zu erleichtern, sind am Löffel noch zwei guſseiserne Räder von 15 Zoll Durchmesser und 7 Zoll Felgenbreite angebracht, welche mit der Achse fest verbunden sind. Letztere dreht sich in Lagern am Boden des Kastens. Diese Lager haben jedoch 4 Linien Spielraum, damit die Drehung noch erfolgen kann, wenn auch Sand und Erde neben der Achse eingedrungen sein sollten.

Auf einem flachen Fahrzeug, welches die Figur zeigt, befindet sich der Arbeiter, der den Bagger einstellt und lenkt. Er folgt mit dem Fahrzeug dem Bagger, und damit er letztern in dem nöthigen Abstand vom Ufer sicher einstellen kann, so ist von dem einen Canalufer zum andern eine Leine ausgespannt, an welcher er das Fahrzeug nach jedesmaliger Baggerung zurückzieht. Nachdem der Bagger eingesetzt ist, wie *A* andeutet, drehn zwei Arbeiter am Ufer eine kleine eiserne Winde, mittelst deren sie

*) Annales des ponts et chaussées 1838. II. pag. 317.

Digitized by Google

die Kette anziehn. Hierdurch wird zunächst die Schneide zum Eingreifen gebracht, und der Löffel füllt sich. Ist dieses geschehn, so giebt der im Nachen befindliche Arbeiter dem Stiel des Baggers eine nahe horizontale Richtung. Dadurch stellt sich der Löffel auf die beiden Räder, und während diese ihn tragen, wird er über die Sohle des Canals und dessen Dossirung und selbst über den Leinpfad hinaus fortgezogen. Endlich richtet man ihn auf und entleert ihn. Ist dieses geschehn, so fafst der im Nachen befindliche Arbeiter wieder den Stiel des Löffels und zieht sich an dem Seil soweit zurück, dafs er den letztern aufs Neue einstellen kann.

Der Bagger brachte durchschnittlich jedesmal $2^1/_4$ Cubikfufs Kies ans Ufer, und in 10 Stunden wurden von den drei Arbeitern 4 Schachtruthen gefördert. Wenn die Sohle des Canals nicht mehr, als um 1 Fufs vertieft werden sollte, wurde das gehobene Material nur nach einem Ufer des Canals geschafft, wenn dagegen die zu beseitigende Masse sich höher abgelagert hatte, so wurden zwei Winden auf beide Ufer gestellt, und die Baggerung erfolgte von der Mittellinie ab nach beiden Seiten. Der Canal war 5 Fufs tief, in der Sohle 29 und im Wasserspiegel 47 Fufs breit. Es leidet keinen Zweifel, dafs die Anwendung dieses Apparats unter Umständen und namentlich bei geringer Wassertiefe vortheilhafter, als die des gewöhnlichen Sack-Baggers ist, und die Beschaffung desselben auch weniger Kosten veranlafst, als die eines Maschinen-Baggers mit continuirlicher Bewegung.

Bei Vertiefung der Häfen zwischen den zahlreichen weit vortretenden Ladebrücken, an welche die Schiffe anlegen, benutzt man in Nordamerika einen von zwei Pferden bewegten grofsen Löffel-Bagger. Das damit gehobene Material wird aber unmittelbar aus dem Löffel hinter das Bohlwerk gestürzt, welches die Ladebrücke umgiebt. Die Einrichtung stimmt in Bezug auf die Bewegung des Löffels, der aus einem eisernen Kasten von 3 Fufs Breite, 2 Fufs Höhe und im Boden von 4 Fufs Länge besteht, nahe mit der des Ballastbaggers überein. Um jedoch der Kette, während der Löffel sich füllt, eine angemefsnere Richtung zu geben, so läuft dieselbe über eine zweite Rolle, die an der langen Wand des Fahrzeugs unter der ersten angebracht ist. Sobald der Löffel gehoben werden soll, stöfst

Digitized by Google

man die Kette von dieser Rolle ab, und nunmehr erhebt sich der Löffel bei der fernern Bewegung des Göpels bis über das Bohlwerk. Alsdann wird der Göpel angehalten und der Krahn, dessen Ausleger etwa 15 Fufs lang ist, zugleich mit dem daran hängenden Löffel vorgeschoben. Der Stiel des Löffels kann dieser Bewegung leicht folgen, indem er auf einem kleinen Wagen ruht, der auf einer Eisenbahn läuft. Sobald der Löffel entleert ist, schiebt man den Krahn zurück und löst den Sperrhaken, der den Göpel mit der Trommel verbindet, um welche die Zugkette sich aufgewunden hat. Alsdann fällt der Löffel herab, und man darf denselben nur etwas zurückziehn, um die Arbeit aufs Neue zu beginnen. Die Zeit, in der der Löffel gefüllt und entleert wird, soll nur 70 Secunden in Anspruch nehmen, während zur Wiedereinstellung 80 Secunden erforderlich sind. Die einmalige Füllung erfolgt also in der Periode von $2^1/_2$ Minuten, und man hebt dabei etwa 22 Cubikfufs.*) Zum Feststellen des Fahrzeugs dienen wieder, wie bei den andern Amerikanischen Baggern, zwei Pfähle, die in den Grund gestofsen werden.

Schliefslich müssen noch zwei Löffel-Bagger erwähnt werden, die einst als besonders zweckmäfsig eingerichtet angesehn wurden, die ich auch in ihrer ursprünglichen höchst mangelhaften Construction noch in Thätigkeit gesehn habe.

Der Bagger von Toulon, der Fig. 201 *a* in der Ansicht von der Seite, und *b* in der Ansicht von oben dargestellt ist, wirkt in ähnlicher Weise, wie der Englische Ballast-Bagger. Der Löffel, welcher aus einem Kasten besteht, ist gleichfalls mit einem langen Stiel versehn, der durch ein Tau gehalten wird, damit er beim Einschneiden in den Boden sich nicht heben kann. Er wird mittelst einer Kette, die neben dem Löffel sich spaltet, wie Fig. 202 zeigt, durch den zu beseitigenden Grund hindurchgezogen und später gehoben. Diese Bewegung erfolgt aber nicht mittelst einer einfachen Winde, sondern durch ein grofses Laufrad von 23 Fufs Durchmesser, in dessen innerer Fläche die Arbeiter gehn. Ein zweites, jedoch kleineres Laufrad dient zum Zurückziehn des entleerten Löffels mittelst eines gleichfalls gespaltenen

*) Marestier, mémoire sur les bateaux à vapeur des États-unis d'Amérique. Paris 1824.

Digitized by Google

Taues. Es sind aber zwei solche Löffel, nämlich an jeder Seite des Fahrzeugs einer, angebracht. Während einer derselben sich füllt und gehoben wird, ziehn die im kleinern Laufrade befindlichen Arbeiter den andern zurück, und in dieser Art wirken abwechselnd beide Löffel, indem sie von denselben Arbeitern und von beiden Laufrädern hin und her gezogen werden. Dieses ist dadurch erreicht, dafs die zu beiden Löffeln gehörigen Ketten und Taue in entgegengesetzten Richtungen um die Achsen der Laufräder geschlungen sind, wie Fig. 201 *b* erkennen läfst. Während eine Kette oder ein Tau angezogen und aufgewunden wird, windet sich die andre von selbst ab.

Belidor*) giebt eine ausführliche Beschreibung und einen vollständigen Anschlag dieses Baggers, indem er zugleich die Leistungen desselben während des Jahrs 1750 mittheilt. Die Dimensionen des Fahrzeugs und der Haupt-Maschinentheile ergeben sich aus den Figuren. Das Fahrzeug wird von vier Ankern gehalten und zwar in der Richtung der vier Ecken desselben. Es ist an beiden Seiten mit hohen Rüstungen versehn, auf welchen die Achsen der beiden Laufräder ruhn, und die zugleich die Krahnbalken tragen, an denen die Löffel gezogen und aufgewunden werden.

Die Löffel bestehn aus starken eisernen Gittern, die im Innern mit Holz verkleidet sind. Fig. 202 zeigt einen Löffel in gröfserm Maafsstabe und in perspectivischer Ansicht. Man bemerkt darin auch, wie derselbe von den Ketten und Tauen gefafst wird, die ihn sowohl vor-, als auch zurückziehn. Derselbe ist im Lichten 2 Fufs 7 Zoll breit, und ohne die vortretenden Zinken 3 Fufs 10 Zoll lang und in der Rückwand 2 Fufs 7 Zoll hoch. Er fafst, wenn er ganz gefüllt ist, $13\frac{1}{4}$ Cubikfufs. Die Rückwand besteht im untern Theil aus einer Klappe, die ein starker aus dem Boden vortretender Haken schliefst. Sobald der Löffel gehoben ist und entleert werden soll, nimmt er die Lage an, welche Fig. 201 *a* auf der linken Seite zeigt. Man braucht alsdann nur den Haken seitwärts zu schlagen, so öffnet sich die Klappe und der Inhalt des Löffels entleert sich in den darunter geschobenen Prahm.

---

*) Architecture hydraulique. II. Partie, IX. Chapitre.

Digitized by Google

Zur Führung der Stiele, die an den Löffeln befestigt sind, befinden sich neben den erwähnten Rüstungen je drei rings umschlossene Oeffnungen (Fig. 201 *b*), in welche nach Maafsgabe der Tiefe, in der gebaggert werden soll, die Stiele eingeschoben werden. Um zu verhindern, dafs der Löffel nicht über den Grund fortstreicht, ohne in ihn einzudringen, ist ein starkes Tau bei *A* (Fig. 201 *a*) an den Stiel gebunden. Der Aufseher zieht dieses Tau beim jedesmaligen Einstellen des Löffels unter der nächsten Sprosse *B* hindurch nach einer Kreuzklampe (§ 31), um welche er es schlingt, während er das Ende mit der Hand anzieht. Diese Sprosse bildet also die Achse, um die der Löffel sich drehn mufs. Sollte dabei der Löffel zu tief eingreifen und der Widerstand so grofs werden, dafs die Maschine ihn nicht überwinden kann, oder für einzelne Theile die Gefahr eines Bruchs eintreten, so feiert er das Tauende, das heifst, er zieht es nicht mehr an. Das Tau windet sich alsdann etwas ab, oder der Löffel hebt sich, greift nicht mehr so tief ein, und der Widerstand vermindert sich.

Aus Vorstehendem ergiebt sich die Wirksamkeit der Maschine, und es wäre nur zu erwähnen, dafs das gröfsere Laufrad mit drei Männern und das kleinere mit zwei Schiffsjungen besetzt ist. Diese Leute sind, abgesehn von den Pausen beim Entleeren der Löffel, fortwährend beschäftigt. Jenachdem sie in den Laufrädern nach der einen oder nach der andern Seite ansteigen, so ziehn sie immer einen Löffel vor- und aufwärts, und den andern zurück. Diese Arbeiter mit dem Aufseher verlegen auch die Anker oder ziehn die Ankertaue ein und aus, wenn das Fahrzeug eine andre Stelle einnehmen soll. Endlich sind noch 4 Leute auf 2 Baggerprahmen angestellt, welche einen der letztern abwechselnd unter den einen und den andern Löffel schieben, und nachdem ein Prahm gefüllt ist, denselben ans Ufer ziehn und auskarren. Diese Prahme sind geaicht und fassen je 240 Cubikfufs. In weichem Boden und wenn auf etwa 8 Fufs Tiefe gebaggert wird, werden täglich 10 Prahme gefüllt, oder nahe 17 Schachtruthen gehoben. Bei 12 Fufs Tiefe kann man nur auf 15 Schachtruthen rechnen, der Bagger soll aber bis auf 30 Fufs Tiefe arbeiten können.

Als ich im Jahre 1857 in Toulon war, fand ich diesen Bagger neben mehreren Dampf-Baggern noch in Thätigkeit und zwar, soviel ich bemerken konnte, in derselben Art eingerichtet,

Digitized by Google

die Belidor beschrieben hat. Der Grund, weshalb man diese alte Maschine mit alleiniger Anwendung von Menschenkraft noch gegenwärtig benutzt, beruht darauf, dafs man die Sträflinge im Bagno, also die früheren Galeerensklaven, bei den Hafenbauten beschäftigen mufs.

Ein zweiter älterer Bagger, der gleichfalls mittelst eines grofsen Löffels arbeitet, ist der Venetianische Bagger. Die Figuren 203 *a* und *b* zeigen denselben im Längendurchschnitt und in der Ansicht von vorn. Die Dimensionen ergeben sich aus der Zeichnung. Das prahmartige Fahrzeug, das ihn trägt, wird mittelst dreier Pfähle festgestellt, die durch seitwärts vortretende Bohlen und je zwei Bügel an den Aufsenseiten geführt werden, und durch ihr eignes Gewicht so tief in den Boden eindringen, dafs sie feste Stützpunkte bilden. Um sie wieder auszuziehn, wenn der Bagger seine Stelle verändern soll, werden sie mittelst daran befestigter Taue und kleiner Winden gehoben, von denen man zwei in der vordern Ansicht und die dritte in dem Längendurchschnitt bemerkt. Ein Steinkasten am hintern Ende des Fahrzeugs dient als Gegengewicht gegen den Balancier und Löffel. Der grofse, cylindrisch geformte Löffel ist mit einem starken Stiel versehn und an einem zweiten Stiel mittelst eines Charniers befestigt. Der erste Stiel ist so schwer, dafs er von selbst zurückschlägt und den leeren Löffel öffnet. Der zweite Stiel, der lothrecht am Balancier hängt, ist dagegen mit einem breiten Spaten verbunden, der zugleich als Deckel des Löffels dient. Die Baggerung erfolgt in der Art, dafs dieser Spaten oder Deckel senkrecht in den Grund eingedrückt, alsdann der Löffel mittelst des um eine Rolle gezogenen Taues und einer Winde dagegen gezogen und dadurch geschlossen wird. Nunmehr hebt man den Löffel so hoch über Wasser, dafs ein Prahm darunter fahren kann, und mittelst eines Flaschenzugs und eines Gangspills öffnet man den Löffel, worauf der Inhalt desselben in den Prahm stürzt. Der gröfste Kraftaufwand ist zum Heben des vollen Löffels erforderlich, und hierzu dient ein aus sechzehn Balken zusammengesetzter Balancier und eine grofse hölzerne Schraube. Die Mutter der letztern ist, wie Fig. 204 zeigt, mit zwei horizontalen Zapfen versehn, damit sie sich bei den verschiedenen Neigungen des Balanciers immer normal gegen die Schraube stellt.

Digitized by Google

Im Jahr 1823 sah ich mehrere dieser Bagger bei Venedig in Thätigkeit. Schon in weiter Entfernung konnte man das Knarren der Schrauben hören, die, dem Regen und der Sonne ausgesetzt, eine sehr starke Reibung erfuhren und nicht nur gerissen waren und sich geworfen hatten, sondern bei denen auch häufig in den Gängen grofse Stücke fehlten. Durchschnittlich wurde in einer Viertel Stunde der Löffel einmal gehoben, und derselbe enthielt etwa 30 bis 40 Cubikfufs flüssigen Schlamms. Zehn Mann waren auf dem Bagger beschäftigt. 1863 sah ich in Venedig wieder einen Bagger dieser Art, bei dem aber die Schraube sich in weit besserm Zustand befand. Prony hatte über diese Maschine sich sehr vortheilhaft ausgesprochen und eine Leistungsfähigkeit derselben angegeben, welche die aller andern etwa um das Zehnfache übertrifft. Wenn in der Mittheilung dieser Aeusserung*) nicht etwa ein Irrthum liegt, so kann die Beobachtung Prony's sich nur auf einen einzelnen kurzen Versuch beziehn, der mit übermäfsiger Kraftanstrengung ausgeführt wurde.

§ 76.

Rad-Bagger.

Bei den bisher beschriebenen Baggern mufs dem Löffel, während er eingreift oder gehoben wird, eine andre Bewegung ertheilt werden, als wenn er geleert und zur weitern Fortsetzung der Arbeit wieder eingestellt wird. Die Handhabung desselben geschieht demnach abwechselnd in verschiedner Art.

Es lag gewifs sehr nahe, den Löffel oder Eimer an ein Rad oder an eine Kette ohne Ende so zu befestigen, dafs er in der geeigneten Richtung in den Grund einschneidet und sich füllt, sodann ansteigt, ohne seinen Inhalt auszuschütten, und sobald er die höchste Stelle erreicht hat, eine solche Lage annimmt, dafs er sich von selbst entleert und bei fortgesetzter Bewegung bis zur Sohle des Flusses oder Hafens wieder hinabgeht, um in diese aufs Neue einzugreifen. In ähnlicher Weise waren verschiedene

*) Sganzin programme, quatrième edition par Reybell. Paris 1841. Vol. III, pag. 7.

Digitized by Google

Schöpfmaschinen, namentlich die Schöpfräder und die Norien, schon früher eingerichtet und mit Vortheil benutzt worden (I. Theil dieses Handbuchs § 45), und es kam nur darauf an, dieselben so zu ändern, dafs die Eimer hinreichend sicher geführt werden, um in den festen Boden regelmäfsig einzuschneiden, und dafs bei ihrer Entleerung das gehobene Material, welches nicht so leicht wie Wasser ausfliefst, möglichst vollständig aufgefangen wird. Man erreicht hierdurch vergleichungsweise gegen die Löffel-Bagger den wesentlichen Vorzug, dafs eine grofse Anzahl von Eimern in Thätigkeit gesetzt wird, von denen bei der ununterbrochenen Bewegung der Maschine einer nach dem andern sich füllt und in der erforderlichen Höhe über dem Wasserspiegel seinen Inhalt in einen daneben liegenden Prahm ausschüttet. Diejenigen Bagger, welche den Norien nachgebildet sind und mittelst einer Eimerkette wirken, haben sich in der That als sehr zweckmäfsig und wirksam bewährt. Von den Rad-Baggern, welche den Schöpfrädern entsprechen, läfst sich dieses nicht sagen, sie sind vielmehr nur verschiedentlich versucht worden, und wenn sie bei mäfsiger Tiefe der Fahrwasser und auf weichem und halbflüssigem Grund auch keineswegs ohne Erfolg waren, so ist man, soviel bekannt, doch in allen Fällen davon bald zurückgekommen.

Diese Rad-Bagger haben unbedingt vor allen übrigen Baggern mit continuirlicher Bewegung den Vorzug einer grofsen Einfachheit. Die Eimer sind an dem Umfang eines verticalen Rades befestigt, und sobald letzteres gedreht wird, verrichten sie alle Functionen, ohne dafs es dabei einer Eimerkette oder zweiten Trommel und der dabei erforderlichen sonstigen Maschinerie bedarf. Diese Einfachheit vermindert nicht nur die Kosten der ersten Anlage, sondern ist auch mit einer bedeutenden Kraftersparung verbunden, indem die Reibung sich allein auf diejenige an der Achse des Rades beschränkt, und hierzu kommt noch die Befestigung der Eimer, die keiner weitern Führung bedürfen.

Diese Vorzüge erscheinen so wichtig, dafs eine kurze Beschreibung der bisherigen Versuche mit Rad-Baggern sich rechtfertigen dürfte, wenn dieselben auch keineswegs zu den erwarteten Resultaten geführt haben. Die gröfste Schwierigkeit bezieht sich immer darauf, das gehobene Material möglichst vollständig in einer Rinne aufzufangen. Das Baggerrad mufs einen an-

Digitized by Google

sehnlichen Durchmesser haben, da es nicht nur bis zu der gröfsten Tiefe, in der es noch wirken soll, herabreichen, sondern auch sich so hoch über das Wasser erheben mufs, dafs der Prahm unter demjenigen Punkt seines Umfangs liegt, in dem die Eimer eine so starke Neigung annehmen, dafs sie sich von selbst entleeren. Sind die Eimer fest mit dem Rad verbunden, wie gewöhnlich geschieht, so dafs sie nicht etwa an einer gewissen Stelle von selbst umkippen, so folgt hieraus, dafs der Sand oder die Erde nicht früher aus den Eimern herausfallen darf, als an der Stelle, wo ihre Bewegung nahe senkrecht abwärts gerichtet ist. Aber auch an dieser Stelle erhebt sich die Wand des Prahms, der das gebaggerte Material aufnehmen soll, noch einige Fufs über das Wasser, und sonach mufs die Achse des Rades jedesmal über Wasser liegen, und das Material ist bis zum höchsten Punkt im Umfang des Rades zu heben, während es doch nur über den Rand des Prahms gebracht zu werden braucht. Diese Kraftverschwendung findet zwar bei allen Baggern mit continuirlicher Bewegung, und zwar oft in noch höherem Maafse statt, auch wird im vorliegenden Fall das Gewicht der gehobenen Massen zum Theil durch das der niedergehenden ausgeglichen, obwohl von letzterem sich bald das Wasser scheidet und abfliefst, also diese theilweise Ausgleichung nur in beschränktem Maafse stattfindet, bei den Rad-Baggern tritt aber noch der Uebelstand hinzu, dafs man ohnerachtet dieses Kraftverlustes dennoch den Zweck nicht vollständig erreicht, vielmehr das gelöste Material zum Theil nicht in den Prahm gelangt, sondern wieder in das Wasser herabstürzt. Ein andrer Uebelstand, den man jedoch in vielen Fällen umgangen hat, betrifft die Art der Wirksamkeit des Rades. Der Widerstand, den es überwinden mufs, trifft es in demjenigen Kreise, in welchem die Eimer sich bewegen, also in einem bedeutenden Abstand von der Achse. Mit einem Hebelsarm von dieser Länge müssen die Eimer in den Boden einschneiden und das Material, das sie gefafst haben, aufheben. Wollte man daher die Betriebskraft auf die Welle des Rades wirken lassen, so würde diese übermäfsig in Anspruch genommen werden.

Im Jahr 1821 wurde in Berlin ein Rad-Bagger versucht, den ein gewisser Forstor in Boston erfunden hatte. Der Apparat sollte in einem Rad, ähnlich einem oberschlächtigen

Digitized by Google

Mühlenrad, bestehn, bei dem jedoch die Seitenwände der Zellen fehlten. Dieses Rad sollte mittelst einer Windevorrichtung über die zu vertiefende Sohle in solcher Richtung gerollt werden, dafs die Zellen beim Ansteigen aufwärts gekehrt waren, also beim Niedergehn ihren Inhalt in einen daneben befindlichen Prahm fallen liefsen. Der in diesem Fach sehr erfahrne und umsichtige Mühlenbauer Schwahn leitete die Versuche und gelangte nach manchen Veränderungen der Maschine zu dem Resultat, dafs dieselbe in weichem Grund allerdings mit Erfolg, jedoch sehr unregelmäfsig arbeitete, und dafs das Rad 18 bis 20 Fufs Durchmesser haben müsse, wenn man auch nur 3 bis 5 Fufs tief baggern wollte, weil bei geringerer Höhe der Inhalt der Eimer nicht in den Prahm, sondern zurück in das Wasser fiel.*)

Auf dem Canal von Beaucaire, der etwa alle 4 Jahre aufgeräumt werden mufs, wurde vom Ingenieur Bouvier ein Rad-Bagger angewendet, der Fig. 197 in der Seitenansicht des Rades und zum Theil im Längendurchschnitt desselben dargestellt ist.**) Das Rad hält mit Einschlufs der an seinem Umfang angebrachten Eimer 11 Fufs im Durchmesser und ist nahe 2 Fufs breit. Es liegt in einem Schlitz am hintern Ende eines Prahms, der über Deck 38 Fufs lang und 16 Fufs breit ist. Die Bewegung erfolgt durch einen Göpel, an welchen zwei Pferde gespannt sind. Ein hölzernes Kammrad am obern Ende der Göpelwelle überträgt die Bewegung auf eine darüber liegende horizontale Welle, die mit zwei etwas conisch gestalteten hölzernen Getrieben versehn ist. Das zweite derselben greift in die vortretenden Kämme eines aufrecht stehenden Getriebes ein, und die Triebstöcke, welche die Fortsetzung dieser Kämme bilden, fassen wieder die seitwärts am Baggerrade angebrachten Stöcke, welche die Figur im untern Theil, oder in der Seitenansicht zeigt. Bei dieser Anordnung kann das Baggerrad etwas gehoben und gesenkt werden, ohne dafs seine Bewegung dadurch geändert wird. Wenn die Göpelwelle sich 10mal umdreht, macht das Baggerrad 4 Umdrehungen. Die Pferde gehn im Abstande von 6 Fufs von der Göpelwelle.

*) Schwahn, Anleitung zum Bau der Flufs-Baggermaschinen. Berlin 1832, Seite 33.

**) Annales des ponts et chaussées. 1831. II. pag. 352 ff.

Digitized by Google

An dem vordern Ende des Fahrzeugs, also dem Baggerrade gegenüber, ist eine Winde mit einer Hornhaspel aufgestellt, die unabhängig von der Maschine durch einen Arbeiter bewegt wird, um den Bagger in der Richtung des Rades vorzuschieben. Es wird also ein Graben in der Längenrichtung des Canals ausgehoben. Um denselben beim nächsten Uebergang der Maschine gleichmäfsig zu verbreiten, sind an beiden Ufern parallele Führungen angebracht, worin je zwei mit mehreren Rollen versehene Klötze laufen, und diese sind jedesmal mittelst eines Taues mit dem Fahrzeug verbunden, so dafs letzteres sich von der Führung oder von dem Ufer nicht entfernen kann.

An das Achsenlager des Rades sind, wie die Figur an der rechten Seite zeigt, zwei Bogenstücke befestigt, die sich mit dem Rade heben und senken, und nur wenig über die Böden der Zellen oder Eimer vortreten. An diese wird der Prahm befestigt, der das ausgeschüttete Material aufnimmt. Der Prahm bleibt daher immer möglichst nahe neben dem Rade, ohne jedoch von diesem gefafst zu werden.

Zur Bedienung der Maschine gehört ein Aufseher, ein Arbeiter an der Winde und einer, der die Erde im Prahm vertheilt, aufserdem zwei Jungen, welche die Klötze in den Führungen fortschieben, weil diese, sich selbst überlassen, dem Fahrzeug nicht folgen. Die durchschnittliche Leistung wird auf 23 Schachtruthen am Tage angegeben, doch wird ausdrücklich bemerkt, dafs der ausgehobene Boden aus feinem Schlamm besteht, der aus den Zellen leicht abfliefst.

Endlich verdient noch ein Rad-Bagger erwähnt zu werden, den ich im Jahr 1822 in Travemünde, dem Hafen von Lübeck, in Thätigkeit sah. Fig. 198 zeigt den wesentlichsten Theil desselben. Er unterscheidet sich vorzugsweise von den vorher beschriebenen dadurch, dafs die Eimer nicht vollständig gegen das Rad befestigt sind, vielmehr jeder derselben sich um eine starke eiserne und zwar horizontale Achse drehn kann. Hierdurch wird der Vortheil erlangt, dafs die Eimer, noch bevor sie die volle Höhe erreicht haben, umschlagen und sich entleeren, auch das Material, das sie gefafst haben, vollständiger aufgefangen werden kann.

Noch ehe ein Eimer den Grund erreicht, stellt er sich normal

Digitized by Google

auf die Radspeiche, und diese theilt ihm den nöthigen Druck mit, um in den Boden einzuschneiden, so dafs dabei die Achse, um welche er sich dreht, wenig angegriffen wird. In dieser Stellung steigt er auch an, sobald aber die Speiche, auf der er steht, sich soweit gehoben hat, dafs ihre Richtung sich dem Lothe nähert, so verliert er seine Unterstützung und kippt um, wobei er sich entleert. Sein Inhalt wird von einer an jeder Speiche befindlichen schrägen Tafel aufgefangen, die denselben, wie Fig. 198 *b* zeigt, seitwärts wirft. Auf diese Weise gelangt die ausgebaggerte Erde in den Prahm, der möglichst nahe an der Stirn des Rades liegt.

Seit langer Zeit ist dieser Bagger nicht mehr im Gebrauch. Nach manchen Erkundigungen scheint sogar die Erinnerung an ihn vollständig erloschen zu sein. Er ist aber insofern wichtig, als nur bei ihm der Versuch gemacht ist, durch die eigne Bewegung der Eimer die rechtzeitige Entleerung derselben zu veranlassen und diese durch den dabei eintretenden Stofs zu beschleunigen. Für die grofse Tiefe, welche der Hafen gegenwärtig hat, genügt dieser Bagger offenbar nicht, ob vielleicht noch andre Gründe vorlagen, aus welchen man ihn beseitigte, ist nicht bekannt. Nach den damals aufgezeichneten Notizen kann ich über ihn noch Folgendes mittheilen.

Das Baggerrad hatte in den Speichen etwa 22 Fufs Höhe. Es konnte, wie mir gesagt wurde, bis auf 11 Fufs Lübecker Maafs arbeiten, also etwas über 10 Fufs Rheinländisch tief. Die Eimer, oder Kessel, wie sie dort genannt wurden, bestanden aus starkem Kupferblech und jeder faßte, wenn er gefüllt war, ungefähr $^1/_2$ Cubikfufs. Die Achse des Rades, die sehr nahe über dem Wasserspiegel lag, wurde durch ein Stirnrad von 7 Fufs Durchmesser in Bewegung gesetzt, in welches ein Getriebe von 3 Fufs Durchmesser eingriff. Letzteres befand sich an der Welle eines Laufrades von 14 Fufs Durchmesser und $4\,^1/_2$ Fufs Breite. In diesem gingen zur Zeit, als ich dort war, nur 2 Mann, woher die Maschine sich sehr langsam bewegte und wenig leistete.

Digitized by Google

§ 77.

Bagger mit senkrechter Eimerkette.

Als man die Bagger mit Eimerketten versah, brachte man dieselben in gleicher Art wie bei den Norien an, indem man sie lothrecht herabhängen liefs. Eine Kette ohne Ende ist sowohl oben als unten um eine Trommel oder ein Prisma von vier bis sechs Seiten geschlungen. Dem obern Prisma theilt die Maschine, welche durch Menschen, oder Pferde oder Dampf getrieben wird, die drehende Bewegung mit, der die Kette folgt, indem ihre Glieder sich auf die Seiten der Prismen legen. Die eine Hälfte der Kette steigt bei dieser Bewegung auf, während die andre abwärts geht. Indem an diese Kette, die zur Vermeidung der Drehung entweder sehr breit, oder doppelt sein mufs, Eimer befestigt sind, so machen diese dieselbe Bewegung. Während sie sich an die untere Trommel anlehnen, erreichen sie die gröfste Tiefe. Hier schneiden sie in den Grund ein und füllen sich. Sie erheben sich darauf bis zum obern Prisma, und indem sie auf diesem, seiner Drehung folgend, sehr schnell ihre Neigung ändern, so entleeren sie sich. Es kommt darauf an, ihren Inhalt möglichst vollständig aufzufangen und dem Prahm zuzuführen, in welchem die ausgehobene Erde abgefahren wird.

Diese Anordnung ist in sofern sehr vortheilhaft, als dabei die Reibung möglichst geringe bleibt, auch die aufsteigenden Eimer keiner Führung bedürfen, sondern frei an der Kette hängen. Das Auffangen der ausgeschütteten Erde, welche auf die bereits entleerten und verkehrt darunter hängenden Eimer fallen würde, bedingt indessen manche Vorkehrungen, wodurch entweder die Maschine ihre Einfachheit verliert, oder ihr regelmäfsiger Betrieb beeinträchtigt wird. Dazu kommt ein andrer gleichfalls sehr bedeutender Uebelstand und dieser bezieht sich auf die Verlängerung oder Verkürzung der Kette, die jedesmal nothwendig wird, sobald der Bagger in gröfserer oder geringerer Tiefe arbeiten soll. Die beiden Prismen, um welche die Kette gezogen ist, sind nämlich durch einen Rahmen mit einander verbunden. Die Stellung des obern Prismas läfst sich nicht verändern, weil in dieses die Betriebsmaschine eingreift, und selbst

Digitized by Google

wenn die Bewegung durch Menschenkraft mittelst Curbeln erfolgt, müssen auch diese in einer bestimmten Höhe über dem Boden bleiben. Die Höhe des obern Prismas ist also gegeben und darf nicht verändert werden. Wenn daher das lothrecht darunter befindliche gehoben oder gesenkt werden soll, so kann dieses nur durch Verlängerung oder Verkürzung des Rahmens und zugleich der Kette geschehn. Die Veränderung des Rahmens würde bei passender Einrichtung weniger Schwierigkeit machen, aber das Einsetzen oder Ausnehmen von Kettengliedern ist immer umständlich und zeitraubend.

Diese Uebelstände verschwinden, wenn man die untere Trommel nicht lothrecht unter die obere, sondern schräge legt, wobei freilich die Einfachheit leidet, da wenigstens die aufsteigenden Eimer der Unterstützung bedürfen. Dennoch sind die Vorzüge dieser letzten Anordnung, deren Beschreibung später folgen soll, gegenwärtig bei Vertiefung grofser Fahrwasser so allgemein anerkannt, dafs für solchen Zweck die senkrechte Kette gar nicht mehr Verwendung findet. Dagegen ist sie noch im Gebrauch, wenn es sich darum handelt, beschränkte Baustellen zu vertiefen, oder einzelne Verflachungen zu beseitigen, die nur wenig unter Wasser liegen.

Als Régemortes die Brücke zu Moulin über den Allier erbaute, benutzte er zur Austiefung der Baugrube einen Bagger dieser Art, den er speciell beschreibt, und der nach seiner Mittheilung von de Lons erfunden war.*) Fig. 199 zeigt denselben in der Seitenansicht. Auf Holmen, die auf zwei Pfahlreihen aufgebracht sind, ruht ein Balkenrost aus vier Querschwellen und zwei Langschwellen bestehend. Die letztern liegen auf den Querschwellen, und unter diesen befinden sich hölzerne Rollen, um den Bagger während des Betriebes leicht verschieben zu können. Die Pfahlreihen sind 12 Fufs von einander entfernt, woher der hölzerne Bock, der die Baggermaschine trägt, nachdem eine Rinne ausgehoben ist, seitwärts verstellt werden kann, um diese Rinne nach und nach zu verbreiten.

Die Zusammensetzung des Bocks, der auch den Dielenboden

*) Régemortes, déscription du nouveau pont construit sur la rivière d'Allier. Paris 1771.

Digitized by Google

trägt, auf dem die Arbeiter stehn, bedarf keiner weitern Erklärung und es dürfte dabei nur zu bemerken sein, dafs seine beiden Seitenwände noch durch je zwei schräge eiserne Stangen seitwärts gestützt werden, um das Ueberweichen aus ihrer lothrechten Stellung zu verhindern. Dieselben sind in der Zeichnung vor den festen Stielen angedeutet. An jeder Seite des Bocks befinden sich je zwei Bohlen, die durch Bügel lothrecht gehalten werden. Dieselben sind unten auf beiden Seiten durch eiserne Querarme mit einander verbunden und mit einer grofsen Anzahl Löcher versehn, damit sie mittelst Vorsteckbolzen in diejenige Höhe gestellt werden können, welche der Tiefe der beabsichtigten Baggerung entspricht. Jene Querarme an beiden Seiten der Maschine tragen statt des erwähnten untern Prismas zwei Walzen, und die Eimer füllen sich, indem sie unter diesen fortgezogen werden.

Das obere Prisma, welches mittelst eines Rades und Getriebes durch vier Arbeiter in Bewegung gesetzt wird, die zwei Curbeln drehn, ruht auf zwei Seitenstielen des Bocks und bleibt unverändert in seinen Achslagern, wenn auch die Eimerkette verlängert oder verkürzt wird. Es hat sechs Seiten, die der Länge der Kettenglieder entsprechen, damit letztere aber nicht darüber fortschleifen, so befinden sich an demselben drei Kämme, wie Fig. 200 in gröfserm Maafsstabe zeigt, und in diese greift die Kette ein. Letztere ist eine sogenannte Vaucansonsche Kette, d. h. ihre Glieder bestehn abwechselnd aus langen Ringen und Platten, wie dieselbe Figur in der Ansicht von vorn und von der Seitte erkennen läfst. Die Ringe fassen beim Uebergang über das erwähnte Prisma die Kämme, und in dieser Weise wird die Kette so sicher gehalten, dafs sie der Bewegung des Prismas stets folgt.

Soll in gröfserer oder minderer Tiefe gebaggert werden, wobei die Kette verlängert oder verkürzt werden mufs, so werden entweder je zwei oder je vier Glieder neu eingesetzt, oder aus der Kette entfernt. Damit dieses aber geschehn kann, sind einzelne der erwähnten Ringe nicht vollständig, vielmehr fehlt ihnen eine lange Seite und die beiden kürzern Seiten sind verlängert, so dafs eine mit zwei Löchern versehene Schiene darübergestreift werden kann, die jedoch durch Ansätze zurückgehalten wird, damit sie die Bewegung der Kette nicht erschwert. Zwei eingetriebene Splinte verhindern das Lösen der Schiene. Fig. 200

Digitized by Google

zeigt einen in dieser Art eingerichteten Ring. Sobald die Kette verlängert oder verkürzt ist, läfst man die vier Bohlen, welche die untern Rollen tragen, so weit herab, oder hebt sie so weit, bis die Kette die nöthige Spannung hat, und dieses läfst sich immer leicht erreichen, indem in den Bohlen in geringen Entfernungen Löcher für die Vorsteck-Bolzen eingebohrt sind.

Die Eimer, aus Eisenblech bestehend und mit stärkern Schneiden und einer grofsen Anzahl kleiner Löcher versehn, durch welche das geschöpfte Wasser abfliefst, sind auf eichene Bohlen aufgenagelt. Letztere werden über Unterlagen mittelst Bolzen an die Platte der Kette angeschraubt. In dieser Weise kann der Eimer sich auf das obere Prisma auflegen und mit demselben sich zugleich drehn, ohne dafs er an seiner Bewegung gehindert wird. Zum Auffangen des Materials, das aus dem Eimer stürzt, dient eine bewegliche, mit einem Griff versehene kleine Rinne, die ein besonderer Arbeiter jedesmal vorschieben und gleich darauf wieder zurückziehn mufs, damit der Eimer in seinem Niedergang sie nicht berührt. Um zum Vor- und Zurückziehn der Rinne die nöthige Zeit zu gewinnen, versah Régemortes keineswegs jede einzelne Platte in der Kette mit einem Eimer, vielmehr geschah dieses nur auf der sechsten. Endlich wäre noch zu bemerken, dafs der ganze Balkenrost, der, wie erwähnt, auf acht Rollen ruht, während des Betriebs der Maschine in derjenigen Richtung, in welcher die Eimer den Boden angreifen, mittelst einer Winde langsam fortgezogen wird, damit die Eimer immer in frischen Boden einschneiden und sich füllen.

So oft ich diesen Bagger angewendet sah, hatte man sehr zweckmäfsig die beiden Trommeln am untern Ende des Rahmens durch ein polygonales und zwar gemeinhin durch ein sechsseitiges Prisma ersetzt. Das Einschneiden in den Boden erfolgt viel sicherer, wenn der Eimer vollständig gestützt wird und weder zurückweichen, noch schwanken kann. Nichts desto weniger wird er durch die vier Bohlen, statt deren man auch häufig vier Kreuzhölzer anwendet, keineswegs hinreichend festgehalten. Da diese nur in ihren obern Theilen in je zwei Bügeln hängen, so schwanken sie merklich seitwärts und eine noch stärkere Bewegung nehmen sie an, indem sie durch den Vorsteckbolzen nur am Herabsinken, aber keineswegs am Aufsteigen verhindert werden.

Digitized by Google

Sobald der Boden nicht sehr weich ist, so setzt er dem Eindringen jedes Eimers einen bedeutenden Widerstand entgegen, und alsdann dreht sich der Eimer um seine Schneide und hebt dabei den ganzen Rahmen auf. Wenn man eine Maschine dieser Art in Bewegung sieht, so wird man immer bemerken, dafs jene vier Hölzer ununterbrochen aufsteigen und wieder herabsinken, und jenachdem bei einem oder dem andern die Reibung in den Bügeln geringer ist, so hebt sich dieses am stärksten. Wenn aber vollends der Maschine etwa bei Anwendung von Dampfkraft, wie ich in Strafsburg sah, eine gröfsere Geschwindigkeit mitgetheilt ist, so springen die Hölzer fortwährend 1 Fufs und darüber auf.

Es kommt wohl nur selten vor, dafs man diesen Bagger, wie Régemortes that, von einer festen Rüstung aus wirken läfst. Gewöhnlich stellt man ihn zwischen zwei Prahme, wodurch seine Fortbewegung zwar erleichtert wird, aber die Vertiefung an Regelmäfsigkeit verliert. Aufserdem verschwindet alsdann auch der Vorzug, den die senkrechte Eimerkette insofern hat, als sie von einer Rüstung aus sehr nahe an die Umschliefsungswände der Baugrube gestellt werden kann.

Schwierig ist die Handhabung der Rinne, die man immer vorschieben mufs, sobald ein Eimer sich entleert. Bei kiesigem Boden läfst sich dieses mit einiger Aufmerksamkeit noch ausführen, namentlich, wenn die Eimer nicht zu rasch auf einander folgen, oder auch wenn man die Maschine jedesmal anhält, bis die Rinne zurückgezogen ist, bei schlammigem Boden tritt dagegen die grofse Unannehmlichkeit ein, dafs die auf die Rinne fallende Masse weit umherspritzt, und namentlich den Arbeiter trifft, der mit der Handhabung der Rinne beauftragt ist. Bei Vertiefung des Festungsgrabens in Pillau mit dieser Maschine mufste dieselbe nach wenig Minuten immer angehalten werden, weil das Gesicht des Arbeiters, nachdem er einige Eimer aufgefangen hatte, so mit Schlamm bedeckt war, dafs er den nächsten Eimer nicht mehr sehn konnte, und daher gezwungen war, sich zunächst zu reinigen. Man stellte daher zwei Leute an die Rinne, die abwechselnd den Dienst versahn und sich wuschen.

Gewifs liegt der Gedanke sehr nahe, durch die Maschine selbst die Rinne vorschieben und wieder zurückziehn zu lassen. Dieses ist in der That vielfach geschehn. Eine einfache Ein-

Digitized by Google

richtung dieser Art wählte der Ingenieur Kermaingant bei Vertiefung mehrerer Canalhaltungen im Départements du Rhône.*) Auf dem Bock, welcher die Baggermaschine trägt, ist über der obern Walze ein gekrümmter zweiarmiger Hebel angebracht, den ein starkes Gewicht herabdrückt. In dieser Stellung hebt der abwärts gekehrte kürzere Arm durch ein Zwischenglied die Rinne soweit auf, dafs die Eimer ungehindert daneben herabgehn können. Sobald aber ein Eimer auf das obere Prisma sich auflegt und über diesem ansteigt, so berührt er den Hebelsarm, den er bald soweit aufhebt, dafs die um eine horizontale Achse sich drehende Rinne sich senkt, und den Inhalt des Eimers aufnimmt. Dieser längere Hebelsarm mufs der Form des Eimers entsprechend gekrümmt sein, so dafs bei einer gewissen Stellung des letztern die Rinne vollständig vorgeschoben ist und in dieser Lage bleibt, bis sich der Eimer entleert hat. Bei der weitern Bewegung des Eimers hört die Berührung mit dem Hebel auf, worauf letzterer durch das angehängte Gewicht herabgedrückt und die Rinne wieder gehoben wird, so dafs sie den Vorübergang des Eimers nicht hindert.

Der Französische Bauunternehmer Castor, der mit grofsem Geschick die Maschinen anordnete, die er bei seinen Entreprisen benutzte, hat einem Dampfbagger mit senkrechter Eimerkette die mechanische Vorrichtung zum Vorschieben der Rinne nicht gegeben. Letzteres geschieht vielmehr durch einen Arbeiter, der aber so hoch über der Rinne steht, dafs er von dem aufspritzenden Material nicht getroffen werden kann. Die Rinne hängt an senkrechten Schienen, von denen eine sich in den Hebel verlängert, woran der Arbeiter sie vor- und zurückschiebt. Hierzu ist aber wenig Kraft erforderlich, weil die Rinne in Folge dieser Befestigungsart nur wenig gehoben und gesenkt wird.

§ 78.

Die geneigte Eimerkette.

Die Bagger mit geneigten Eimerketten finden gegenwärtig vorzugsweise Anwendung, und zwar eben sowohl wenn sie durch Menschen- oder Pferdekraft, als wenn sie durch Dampf getrieben

*) Annales des ponts et chaussées. 1836. I. pag. 108.

Digitized by Google

werden. Bei gröfsern Vertiefungsarbeiten, also namentlich in Seehäfen und in den Fahrwassern für Seeschiffe werden sie bei uns, wie auch in Frankreich, beinahe ausschliefslich benutzt. Wenn aber zwischen den Duc-d'Alben und vortretenden Ladebrücken der grofse Bagger den nöthigen Raum nicht findet, mufs man statt seiner andre Vorrichtungen wählen, und zwar pflegt alsdann der Ballast-Bagger wegen seiner einfachen Zusammensetzung und der bequemen Handhabung in beengten Räumen zur Anwendung zu kommen. Gewöhnlich stellt man den Bagger mit geneigter Eimerkette auf ein Fahrzeug, zuweilen auch zwischen zwei solche. Doch hindert nichts, ihn auch von festen Rüstungen aus arbeiten zu lassen, wie der Unternehmer Castor dieses mehrfach bei Bauten in Frankreich gethan hat.

Haben die Maschinen grofse Dimensionen, so läfst sich die Eimerkette nicht mehr, wie bei dem de Lonsschen Bagger, mittelst Daumen sicher fassen, indem aber die Länge der Kettenglieder den Seiten der obern Trommel oder des obern Turas entsprechen mufs, so werden sie von diesen schon sehr sicher gehalten, sobald die Polygonalwinkel nicht gröfser als rechte sind. In allen Englischen und Französischen Baggern ist das obere Prisma ein vierseitiges, oder sein Querschnitt ist ein Quadrat. Alsdann liegt bei jeder Stellung der Trommel wenigstens ein Kettenglied auf einer Seite des letztern auf und zieht an seinem Ende unter einem rechten Winkel das folgende und mit demselben die ganze Eimerkette nach sich, wobei ein Abgleiten beinahe undenkbar ist. Anders verhält es sich dagegen, wenn man die Seitenzahl des Prismas vergröfsert, also dafür etwa ein fünfseitiges wählt. Der Winkel, den zwei auf einander folgende Kettenglieder bei dem Uebergange über dieses Prisma bilden, mifst alsdann nicht mehr 90, sondern 108 Grade, und der Zug, den das hintere Glied erleidet, setzt sich, wie die Zerlegung der Kräfte ergiebt, auch auf das vorhergehende und zwar in der Längenrichtung desselben fort. Sehr nahe der dritte Theil des ganzen Zugs zieht das auf der vorhergehenden Seite der Trommel aufliegende Glied zurück. Dieser Umstand würde an sich von weniger Bedeutung sein, wenn die Kette scharf gespannt wäre, doch ist dieses meist nicht der Fall, indem bei den gröfsern Dampfbaggern derjenige Theil der Kette, der sich abwärts bewegt, keine Füh-

Digitized by Google

rung hat, sondern im Bogen herabhängt, und oft sogar eine bedeutende Bucht bildet. Aus diesem Grund finden die Kettenglieder auf dem fünfseitigen Prisma nicht die nöthige Haltung, und wenn der Widerstand beim Eingreifen eines Eimers zufälliger Weise sehr grofs wird, so geschieht es nicht selten, dafs die Kette stehn bleibt und dennoch das Prisma sich unter ihr dreht. Hierdurch wird die Arbeit nicht nur unterbrochen, sondern die Kettenglieder sind alsdann auch grofsen Beschädigungen ausgesetzt, indem sie während des starken Zugs nicht auf den Seiten des Prismas, sondern auch auf dessen Kanten aufliegen.

Hierzu kommt noch, dafs bei der erforderlichen sehr langsamen Bewegung der Eimerkette die Umdrehungsgeschwindigkeit des unmittelbar von der Maschine getriebenen Rades bei Uebertragung auf die Kettentrommel jedesmal vermindert werden mufs. Bei gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel bewegt sich die Kette aber um so langsamer, je weniger Seiten die Trommel hat. Das vierseitige Prisma erfordert demnach nur eine geringere Verminderung der Geschwindigkeit, als das fünfseitige.

Trotz dieser Vorzüge wurde dennoch bei unsern Dampf-Baggern gewöhnlich die fünfseitige und sogar zuweilen die sechsseitige Kettentrommel gewählt, und nur in neuster Zeit ist die vierseitige wieder üblich geworden. Man gab jener aus zwei Gründen den Vorzug, nämlich einmal, weil man glaubte, dadurch die Leistungsfähigkeit des Baggers zu vermehren. Diese Ansicht beruht augenscheinlich auf einem Irrthum, denn wenn die Drehungsgeschwindigkeit des obern Prismas so wie auch die Länge der Kettenglieder dieselbe bleibt, so wird eine gröfsere Kraft erfordert, um in einer Umdrehung der Trommel die gröfsere Anzahl von Gliedern darüber zu führen und sonach der ganzen Kette eine gröfsere Geschwindigkeit zu geben. Nur wenn in einer vorhandenen Maschine beim vierseitigen Prisma die Kraft derselben nicht ausgenutzt werden sollte, so würde, abgesehn von dem zuerst erwähnten Uebelstand, die Vergröfserung der Seitenzahl sich rechtfertigen. Wenn aber eine neue Maschine gebaut wird, so mufs ihre Kraft der passendsten Anordnung des Baggerapparats entsprechen.

Sodann wollte man die Ungleichmäfsigkeit im Widerstand der Kette vermindern. Beim vierseitigen Prisma, das in einen

Digitized by Google

Kreis vom Radius r beschrieben ist, beträgt der Abstand desjenigen Punkts der Kette, der den folgenden Theil derselben anzieht, von der Drehungsachse im Maximum r, und im Minimum $0{,}707 \cdot r$. Bei dem fünfseitigen dagegen r und $0{,}809 \cdot r$. Die Ungleichmäfsigkeit wird also in der That etwas vermindert, jedoch nur in so geringem Maafs, dafs die Ausgleichung gegen diejenigen Unterschiede verschwindet, welche in den Widerständen vorkommen, die der Boden dem Einschneiden entgegensetzt.

Die untere Kettentrommel, auch der untere Turas genannt, hat bei Englischen und Französischen Dampf-Baggern gleichfalls meist einen quadratischen Querschnitt, während man ihn zuweilen auch fünf- und sogar sechskantig macht. Die gröfsere Anzahl der Seiten ist dabei ohne Nachtheil, weil diese Trommel durch die Kette in Bewegung gesetzt wird, und die geringe Achsenreibung sie nicht verhindern kann, der letztern zu folgen. Es empfiehlt sich sogar, die Seitenzahl hier zu vergröfsern, weil die Geschwindigkeit der Schneide an den Eimern bei gleicher Geschwindigkeit der Kette um so geringer wird, je gröfser die Entfernung der letztern von der Drehungsachse ist. Auch ist es vortheilhaft, die Eimer in flacherem Bogen in den Grund einschneiden zu lassen, damit kein zu steiler Absatz sich bildet, dessen Rand leicht herabstürzen und die bereits vertiefte Stelle wieder überschütten könnte. Die Anwendung des fünf- oder sechsseitigen Querschnitts ist daher hier gerechtfertigt, und es kommt nur darauf an, den Turas nicht gar zu schwer werden zu lassen.

Die beiden Kettentrommeln sind durch einen starken Rahmen mit einander verbunden, den man den Bagger-Schlitten oder die Bagger-Leiter nennt. Derselbe besteht bei kleinern Baggern nur aus zwei hochkantigen Halbhölzern, welche die Achsen der beiden Prismen umfassen, und sie nicht nur in paralleler Lage, sondern auch in der beabsichtigten Entfernung von einander erhalten. Bei gröfserer Länge der Eimerleiter müssen die Halbhölzer durch zwei gehörig verstrebte und gegen Durchbiegung gesicherte hölzerne oder eiserne Träger ersetzt werden, die unter sich durch Riegel und Kreuzstreben verbunden sind.

Die Achse des obern Prismas, welche durch die Maschine

Digitized by Google

in Bewegung gesetzt wird, pflegt zugleich die Achse zu sein, um welche die Leiter sich dreht, wenn sie gehoben oder gesenkt wird. Wie vortheilhaft dieses auch ist, insofern bei jeder Neigung der Leiter die Maschine in die obere Kettentrommel eingreift, so erfährt doch die Achse der letztern in Folge der Belastung durch die Leiter eine starke Reibung, welche die Bewegung der Eimerkette erschwert. Schwahn hat, wie im Folgenden nachgewiesen werden wird, bei seinem Handbagger diese beiden Achsen von einander getrennt, zugleich aber dafür gesorgt, dafs bei jeder Neigung der Leiter der auf dieser befestigte obere Turas durch die Maschine gleichmäfsig gedreht wird.

Um das untere Prisma in derjenigen Höhe oder Tiefe zu halten, in welcher gebaggert werden soll, fafst ein starker eiserner Bügel die beiden Seitenwände der Leiter nahe an ihrem untern Ende, und indem dieser Bügel mittelst mechanischer Vorrichtungen gehoben oder gesenkt wird, so verändert sich dadurch auch die Tiefe, in welcher die Eimer in den Grund einschneiden.

Auf der obern Seite der Leiter befindet sich jedesmal eine Bahn, welche die gefüllten Eimer trägt, und auf der diese zu der obern Trommel ansteigen. Zur Verminderung der Reibung kommen dabei noch Rollen in Anwendung, die entweder unter den Eimern, also an der Kette befestigt, oder in gewissen Entfernungen auf dem Schlitten angebracht sind. Im letzten Fall besteht also die Bahn aus einer Reihe von Rollen, die beim Uebergang der Kette die schleifende Reibung verhindern. Jedenfalls ist es vortheilhafter, die Rollen auf dem Schlitten, als an der Kette anzubringen, weil sie alsdann länger und stärker sind, und sich weniger abnutzen.

Bei den alten Pferde-Baggern befand sich auf der untern Seite der Leiter gleichfalls eine Bahn, auf welcher die Kette mit den abwärts gekehrten leeren Eimern bis zum untern Turas hinabstieg. Die Leiter war aber mit einer Vorrichtung versehn, wodurch die beiden Trommelwellen so weit von einander entfernt werden konnten, dafs die Kette immer angemessen gespannt blieb. Castor hat diese letzte Vorrichtung auch bei denjenigen Leitern angewendet, in welchen der untere Theil der Kette frei, jedoch nur in schwacher Bucht herabhängt. Bei den neuern, und nament-

Digitized by Google

lich den Dampf-Baggern fehlt die zweite Bahn, und derjenige Theil der Eimerkette, der sich abwärts bewegt, hängt in einer mehr oder minder gekrümmten Bucht. Diese Aenderung kann nicht als vortheilhaft angesehn werden, obwohl nicht zu verkennen ist, dafs die Anordnung der Leiter sehr erschwert werden würde, wenn sie mit jener zweiten Bahn versehn sein sollte, auf welcher die Kette mit den grofsen, abwärts gekehrten Eimern herabgleitet.

Die Bucht, in der man die Eimerkette frei hängen läfst, hat zunächst den Nachtheil, dafs die Eimer, sobald sie die obere Trommel verlassen, also wenn sie sich so eben entleert haben, nicht der Richtung der Leiter folgen, sondern einen Weg beschreiben, der sich anfangs mehr dem Loth nähert. Die Rinne, welche die ausgestürzte Erde auffängt, kann daher meist nicht weit genug vorgeschoben werden, und ein Theil der letztern fällt ins Wasser zurück. Dieser Uebelstand wird um so bedenklicher, je gröfser die Bucht ist. Sodann ist es auch nicht vortheilhaft, die Eimer schon früher den Grund berühren und darin eingreifen zu lassen, bevor sie sich an die Seitenflächen der untern Trommel lehnen. Man läfst indessen die Kette oft in einer so starken Bucht hängen, dafs sie in horizontaler Richtung das untere Prisma trifft, oder auch wohl die Achse der Kettenlinie sich schon zwischen beiden Prismen befindet, und daher die Eimer den tiefsten Punkt erreichen, während sie noch frei an der Kette hängen. Diese Anordnung wird vielfach für zweckmäfsig gehalten, weil man meint, dafs dabei die Füllung sanfter und weniger gewaltsam erfolgt. Auf weichem Grund ist indessen diese Rücksicht ohne Bedeutung, auch ist nicht abzusehn, weshalb man die Stelle, welche schon bei dem frühern Uebergang des Baggers vertieft ist, nochmals ein wenig angreifen und nachkratzen soll. Die Eimer dürfen aber bei gehörigem Betrieb nicht früher gefüllt werden, als bis sie, an das untere Prisma gelehnt, in die vor demselben befindliche Erhöhung des Bodens einschneiden, denn dasjenige Material, welches sie hier lösen, müssen sie auch aufnehmen und in den Prahm ausschütten, sie können dieses aber nicht thun, wenn sie schon früher ganz oder theilweise gefüllt waren. Bei festem und namentlich bei ungleichmäfsigem Boden ist diese Anordnung aber noch nachtheiliger und sogar gefährlich.

Digitized by Google

Wenn der frei an der Kette hängende Eimer in eine weiche Stelle des Bodens eingedrungen ist und alsdann einem stärkern Widerstand begegnet, so wird seine Schneide sich gegen den Gegenstand stützen, der diesen Widerstand verursacht und indem die Kette ihn fortzieht, so wird er sich um seine Schneide drehn und eine solche Stellung annehmen, dafs seine Oeffnung abwärts gekehrt ist. Bei weiterer Bewegung der Kette wird die Schneide aber fortgerissen, sie gleitet alsdann über die hinderliche Stelle, und Eimer und Kette nehmen ihre früheren Richtungen wieder an. Dieses geschieht jedoch nur unter sehr heftiger Erschütterung, denn die Kette macht bei jenem Drehn um die Schneide des Eimers zwei starke Biegungen und erhebt sich hinter dem Eimer. Wenn sie darauf wieder ihre frühere Lage annimmt, so geschieht dieses plötzlich, und der dabei eintretende starke Stofs kann leicht die Glieder und Bolzen beschädigen. In jeder mechanischen Werkstatt gilt auch die Regel, dafs man niemals mit losem Stichel schneiden darf, weil mit solchem keine regelmäfsige Bearbeitung erfolgen kann und er selbst leicht bricht oder in andrer Art verdorben wird. Dasselbe gilt von der Eimerkette am Bagger, und die vielfachen Beschädigungen, die an losen Ketten vorzukommen pflegen, rühren vielfach von den Bewegungen und Stöfsen her, welche die Bucht veranlafst.

Der unter der Leiter frei herabhängende Theil der Eimerkette darf zwar nicht so scharf angezogen werden, dafs er sich einer geraden Linie nähert, weil sonst die Spannung der Kette so grofs würde, dafs sie theils die Bewegung erschweren, theils aber auch einen Bruch veranlassen könnte, es ist aber keineswegs erforderlich, die Bucht so weit auszudehnen, dafs der Scheitel derselben noch tiefer, als der untere Turas läge, also die Kette zu diesem wieder ansteigen müfste. Die Besorgnifs, dafs die Kette in zu starke Spannung versetzt werden möchte, wenn man sie nicht tief herabhängen liefse, habe ich mehrfach aussprechen hören, und es dürfte daher nicht überflüssig sein, die betreffenden Verhältnisse näher zu untersuchen.

Wenn die Eimerkette auch keineswegs in allen ihren Theilen gleiches Gewicht hat, vielmehr jedes zweite Gliederpaar noch mit einem Eimer belastet ist, so darf man in dieser allgemeinen Betrachtung sie doch als eine gleichmäfsige und zwar vollkommen

Digitized by Google

flexible Kette ansehn. Sie bildet daher in der Bucht zwischen dem obern und dem untern Turas, oder zwischen ihren beiden Aufhängepunkten, eine Kettenlinie. Die Eigenschaften einer solchen stellen sich am einfachsten dar, wenn man die Abscissenlinie nicht durch ihren Scheitelpunkt, sondern in eine gewisse Entfernung h darunter legt, und man dieses h so bemifst, dafs es der Spannung der Kette in ihrem Scheitel entspricht. Mit andern Worten: wenn die Ordinate h eine eben solche Kette wäre, wie diejenige, welche die Curve bildet, und hinge frei herab, so würde sie im Aufhängepunkt dieselbe Spannung erfahren, welche die Curve in ihrem Scheitel erleidet. Jede andre senkrechte Ordinate y entspricht alsdann auch der Spannung der Kettenlinie an der Stelle, wo diese von ihr getroffen wird. Die Gleichung der Curve ist, wenn die Abscissen von jener Linie h abgezählt werden:*)

$$y = \frac{h}{2}\left(e^{\frac{x}{h}} + e^{-\frac{x}{h}}\right)$$

und die Länge des Bogens vom Scheitelpunkt ab gemessen

$$s = \frac{h}{2}\left(e^{\frac{x}{h}} - e^{-\frac{x}{h}}\right)$$

indem e, wie gewöhnlich, die Grundzahl der natürlichen Logarithmen bedeutet.

Um die erste dieser Gleichungen auf den vorliegenden Fall anzuwenden, mufs zunächst bemerkt werden, dafs nach Vorstehendem die Kette in dem obern der beiden Aufhängepunkte oder in A die stärkste Spannung erleidet, es also darauf ankommt, die gröfste Ordinate y durch den vorher ermittelten Werth von h auszudrücken. Die Entfernung der beiden Aufhängepunkte von einander ergiebt sich aus der Länge der Eimerleiter und der Form und Gröfse der beiden Turasse. Die Neigung der Eimerleiter gegen den Horizont ist zwar nach der Tiefe, in der gebaggert wird, verschieden, am vortheilhaftesten ist es aber, wie dieses auch mehrfach ausgesprochen wird, wenn sie gegen den Horizont den Winkel von 45 Graden bildet. Bezeichnet man die Coordi-

*) Poisson traité de mécanique. Livre III, chapitre 8.

Digitized by Google

naten des obern Aufhängepunktes A mit x und y, und die des untern B mit x' und y', so ist

$$y - y' = x - x' = a$$

x' ist aber positiv oder negativ, jenachdem es auf derselben oder auf der entgegengesetzten Seite von x liegt. Die Maafseinheit ist willkürlich anzunehmen, da aber nur die in den verschiedenen Fällen eintretenden Spannungen mit einander verglichen werden sollen, so darf man $a = 1$ setzen. Hiernach ist

$$y - y' = 1 = \frac{h}{2}\left(e^{\frac{x}{h}} + e^{-\frac{x}{h}} - e^{\frac{x'}{h}} - e^{-\frac{x'}{h}}\right)$$

Indem $x - x' = 1$, so nehme ich für x' nach einander verschiedene Werthe an. Zunächst setze ich

$$x = 0{,}9 \text{ und } x' = 0{,}1$$

alsdann ergiebt sich

$$\frac{2}{h} = e^{\frac{0{,}9}{h}} + e^{-\frac{0{,}9}{h}} - e^{\frac{0{,}1}{h}} - e^{-\frac{0{,}1}{h}}$$

Dieser Ausdruck enthält allein die unbekannte Gröfse h. Dieselbe läfst sich freilich nicht direct finden, man mufs sie daher in der Weise bestimmen, dafs man dafür, oder noch bequemer für $\frac{1}{h}$ beliebige Werthe einführt, und diese mit Rücksicht auf die jedesmaligen Differenzen so verändert, bis die Summe der Glieder auf der rechten Seite gleich $2 . \frac{1}{h}$ ist. Nach etwa fünf Versuchen dieser Art, die wenig zeitraubend sind, gelingt es, h bis zur dritten Decimalstelle richtig darzustellen.

Ich finde für diese Werthe von x und x'

$$\frac{1}{h} = 1{,}379$$

$$\text{also } h = 0{,}725$$

und die Spannung der Kette im obern Aufhängepunkte, oder

$$y = 1{,}733.$$

In gleicher Weise setze ich nach einander

$x' = 0 \ldots x' = -0{,}1 \ldots x' = -0{,}2$ und $x' = -0{,}3$

wonach

$$x = 1 \ldots x = 0{,}9 \ldots x = 0{,}8 \text{ und } x = 0{,}7.$$

Digitized by Google

Die dafür gefundenen Werthe von h und y sind

für x'	$\frac{1}{h}$	h	y
+ 0,1	1,379	0,725	1,733
0	1,616	0,619	1,619
— 0,1	1,944	0,514	1,525
— 0,2	2,421	0,413	1,462
— 0,3	3,172	0,315	1,468

Es ergiebt sich hieraus, wie auch vorher zu sehn war, dafs bei positiven Werthen von x', also wenn beide Aufhängepunkte in demselben Schenkel der Curve liegen, bei wachsenden x', die Spannung immer gröfser wird, dafs sie dagegen für negative x' zunächst sich noch vermindert, an einer gewissen Stelle ihr Minimum erreicht und alsdann sich wieder dauernd vergröfsert. Eine nähere Untersuchung ergab, dafs das Minimum der Spannung bei $x' = -0{,}240$ und $x = 0{,}760$ eintritt, und dafs alsdann $y = 1{,}454$ ist.

Die Spannnng der Kette im obern Aufhängepunkt ist also in der That am geringsten, wenn die Achse der Kettenlinie zwischen beiden Aufhängepunkten liegt und die Entfernungen von denselben ungefähr wie 1 : 8 sich gegen einander verhalten. In diesem Fall liegt der Scheitel der Curve unter dem Aufhängepunkt B, und zwar ist

$$y' - h = 0{,}081.$$

Führt man statt der angenommenen Maafseinheit das Fufsmaafs ein und setzt man $a = 25$ Fufs, was den Dimensionen gröfserer Bagger ungefähr entspricht, so würde die Bucht der Kette sich 2 Fufs unter den untern Turas senken.

Vergleicht man indessen die alsdann in A oder im obern Aufhängepunkt der Kette eintretende Spannung mit derjenigen, die eben daselbst sich bildet, wenn B im Scheitel der Curve liegt, so bemerkt man, dafs dieselbe im letzten Fall nur um 11 Procent, also sehr unbedeutend gröfser ist. Die Kette mufs aber so stark sein, dafs sie nicht nur die gefüllten Eimer hebt, sondern auch der dabei eintretenden Reibung und der Kraft entspricht, welche die Füllung der Eimer erfordert. Der Zug, den die Kette ausübt, stellt in der That beinahe die ganze Maschinenkraft dar,

Digitized by Google

welche den Bagger treibt, und diese Kette mufs daher ohne Vergleich eine viel gröfsere Festigkeit haben, als jene Spannung fordert, welche die herabhängende Bucht veranlafst.

Es ergiebt sich hieraus, dafs die Besorgnifs einer zu starken Spannung der Kette, die allein die Einführung einer tiefern Bucht rechtfertigen würde, in Wirklichkeit ohne Bedeutung ist. Es empfiehlt sich daher gewifs, in allen Fällen die Kette so zu verkürzen, dafs die Eimer nicht früher den Grund berühren, als bis sie sich gegen den untern Turas lehnen, oder dafs beide Aufhängepunkte in demselben Schenkel der Kettenlinie liegen.

Eine tief herabhängende Bucht ist aber noch in andrer Beziehung sehr nachtheilig. Der Bagger mufs nämlich, wie schon § 74 erwähnt wurde, vor der Untiefe, die er beseitigen soll, seitwärts bewegt werden, weil er nur in diesem Fall sie gleichmäfsig angreifen kann. Während also die Eimer in der Richtung der Leiter in den Grund einschneiden, so wird zugleich die Leiter seitwärts bewegt. Diese Bewegung setzt sich auf die untere Trommel fort und diese mufs mit gewissen Rändern versehn sein, durch welche die Kette und mit dieser auch die Eimer gezwungen werden, an der Seitenbewegung Theil zu nehmen. Ist die Kette scharf gespannt, so erfolgt diese Uebertragung sehr sicher, man darf alsdann auf jeder Seitenfläche des untern Turas, auf welche die Kette sich auflegt, nur zwei etwas vortretende Schienen anbringen, so wird durch diese die Kette mit den Eimern schon vollständig gehalten und seitwärts geschoben. Wenn dagegen die Kette schlaff herabhängt, und die Eimer schon in Wirksamkeit kommen, ehe sie auf dem Turas aufliegen, so nehmen sie an der Seitenbewegung des letztern nicht vollständig Theil, und wenn sie sich endlich ihm nähern, so haben sie die allgemeine Richtung der Kette so weit verlassen, dafs die Glieder schon auf jene Ränder sich auflegen, und sonach ihre regelmäfsige Bewegung aufhört. Um dieses zu verhindern, wird die untere Trommel mit zwei vollständigen und weit vortretenden Rändern versehn, die allerdings das Abgleiten der Kette in hohem Grade verhindern, aber zugleich auch die Seitenbewegung des Baggers übermäfsig erschweren, indem sie mit ihren ausgedehnten Seitenflächen in den Theil des Bodens sich eindrücken müssen, der von den Eimern noch nicht gefafst und beseitigt wurde. Ohnerachtet dieser Er-

Digitized by Google

schwerung der Arbeit wird dennoch das Abgleiten der Kette hierdurch nicht vollständig verhindert, vielmehr ereignet es sich zuweilen, und veranlafst alsdann nicht nur lange Unterbrechungen, sondern auch vielfache Beschädigungen. Bei den Baggern mit scharf gespannter Kette kommt dieses nicht vor.

Es ergiebt sich hieraus, dafs es vortheilhaft sein würde, wenn man die Bucht ganz vermeiden und die Kette, eben so wie sie ansteigt, auch auf einer Bahn herabführen könnte. Wenn man aber die Kette auch frei herabhängen läfst, so ist doch die starke Bucht, in der dieses gewöhnlich geschieht, nicht nothwendig, und es empfiehlt sich vielmehr, sie soweit zu spannen, wie es ohne Gefahr des Zerreifsens möglich ist. Hierdurch läfst sich schon das Eingreifen der noch frei hängenden Eimer vermeiden, so dafs dieselben erst zur Wirksamkeit kommen, wenn sie sich an den untern Turas anlehnen. Vielfach ist hierauf bereits Rücksicht genommen. Die Dampf-Bagger, welche der benannte Bauunternehmer A. Castor in verschiedenen Theilen von Frankreich benutzt, entsprechen vollständig dieser Ansicht,*) auch der Maschinenbauer Schichau in Elbing richtete in derselben Weise den Dampf-Bagger für Neufahrwasser ein.**)

Die Baggerleiter liegt mit ihrem obern Ende auf der Welle auf, welche die obere Kettentrommel dreht. Ihr unteres Ende hängt dagegen an einer Kette. Dieses untere Ende wird aber von dem Boden, in welchen die Eimer eingreifen, bei der Seitenbewegung des Baggers zurückgehalten, und ein Bruch des Schlittens würde unvermeidlich erfolgen, wenn letzterer nicht noch in andrer Weise an das Baggerschiff befestigt wäre, so dafs er diesem stets folgen müfste. Am einfachsten geschieht dieses, wenn das Fahrzeug gespalten ist und die Leiter in dem Schlitz zwischen beiden Theilen hängt. Sie lehnt sich alsdann sowohl bei der Bewegung nach der einen, wie nach der andern Seite an einen dieser beiden Theile, damit aber nicht etwa ein starkes Klemmen eintritt, so läfst man einen geringen Spielraum und bringt überdiefs auf beiden Seiten vortretende kreisförmig gebogene

*) Travaux de navigation et de chemins de fer par A. Castor. Paris 1861. Planche II und IV.

**) Bauausführungen des Preufsischen Staates. II. Band. Berlin 1848. Taf. 41.

Digitized by Google

Schienen an, gegen welche die Leiter mittelst der an ihr befestigten Schiene sich anlehnt. Ist dagegen die Leiter seitwärts am Schiff angebracht, so kann sie sich nur an diese Schiene anlehnen, wenn das Schiff sie fortschiebt. Bei der entgegengesetzten Bewegung, oder wenn das Schiff sie nach sich zieht, mufs noch in andrer Weise für eine Verbindung gesorgt werden, weil sonst die Leiter zurückbleiben und dadurch ihr Verband gelockert würde. Gewöhnlich wird zu diesem Zweck die erwähnte Schiene mit Rändern versehn, und hinter dieselben greifen zwei an der Leiter befestigte Haken ein. Indem die Schiene einen Kreisbogen bildet, dessen Mittelpunkt in der Drehungsachse des Schlittens liegt, so hindert dieses Eingreifen nicht das Heben oder Senken des Schlittens, und letzterer bleibt bei jeder Stellung in Verbindung mit dem Baggerschiff. Noch sicherer läfst sich der Schlitten halten, wenn er, wie bei den alten Pferde-Baggern, rechtwinklig gegen die Langseite des Baggers gerichtet ist. Alsdann darf man nur an sein unteres Ende ein starkes Tau anstecken und dieses auf dem Bagger scharf anziehn und befestigen. Dieses Verfahren ist auch in sofern sicherer, als dabei der Zug diejenige Stelle des Schlittens trifft, wo derselbe den Widerstand des Bodens erfährt.

Was die Eimerkette betrifft, so ist dieselbe gewöhnlich doppelt, bei dem von Mazeline im Hâvre erbauten sehr grofsen Dampf-Bagger ist sie sogar dreifach. Alle Glieder haben gleiche Länge, und zwar entspricht diese der Breite der Seiten beider Trommeln. Die Glieder bestehn aus starken Eisenschienen und sind gemeinhin abwechselnd in ihren Enden gespalten, so dafs ein Glied das andre gabelförmig umfafst. Bei kleinern Baggern verbindet ein gemeinschaftlicher Bolzen oder Achse die Glieder beider Ketten, und die daran angebrachten Ansätze sichern zugleich den gegenseitigen Abstand der Ketten. Auf grofsen Baggern ist jede Kette mit besondern kürzern Verbindungsbolzen versehn, und der Abstand der beiden Ketten wird nur durch die darauf befestigten Eimer erhalten. Sowohl bei den durchgehenden, wie auch bei den kürzern Bolzen mufs man dafür sorgen, dafs dieselben sich nicht drehn, sie müssen vielmehr neben den Köpfen vierkantig ausgeschmiedet sein, und in entsprechend geformte Löcher der ersten Glieder passen, auf welche sie treffen. Im übrigen Theil ist jeder Bolzen cylindrisch, so dafs das zweite

Digitized by Google

Glied sich darum drehn kann. Die Bolzen laufen gemeinhin in stählernen Buchsen, die in die Augen der Kettenglieder eingesetzt sind, oft werden sie auch selbst aus Stahl angefertigt, um das schnelle Ausschleifen zu verhindern. Durch vorgesteckte und gespaltene Splinte, oder auch durch Schraubenmuttern, die jedoch immer mit scharf angezogenen Gegenschrauben verbunden sein müssen, werden sie gehalten. Jedenfalls müssen sie sich leicht lösen lassen, damit bei eintretenden Beschädigungen sie selbst oder auch die Kettenglieder und Eimer abgenommen und durch Reservestücke ersetzt werden können. Gemeinhin treten die breitern Köpfe der Glieder, worin sich die Bolzenlöcher oder Augen befinden, nur auf einer Seite vor, während die andre Seite des Gliedes ganz eben bleibt, damit diese sich auf die Seitenflächen der beiden Trommeln auflegen kann.

Die Eimer sind derjenige Theil der ganzen Baggermaschine, der den meisten Beschädigungen ausgesetzt ist. Obwohl sie aus Eisenblechen von $^1/_4$ bis $^3/_8$ Zoll Stärke bestehn, so werden sie doch, sobald sie auf einen Stein oder ein grofses Holzstück treffen, und die Maschine nicht sogleich angehalten wird, leicht verbogen oder sie zerbrechen. Man versieht sie gewöhnlich mit einer aufgenieteten stählernen Schneide, doch empfiehlt es sich nicht, aus derselben einzelne Zinken vortreten zu lassen, weil diese, wenn sie nur flach sind, sich leicht verbiegen, und doch nur in geringem Maafse den Boden auflockern, also das Eindringen in denselben beim Uebergange des nächsten Eimers nur wenig erleichtern. Aus demselben Grunde dürfte auch die Anbringung von sogenannten Kratzen zwischen den Baggereimern keinen Erfolg haben. Dieselben bestehn aus drei bis fünf starken und zugeschärften Zinken, welche durch einige angenietete Querriegel unter sich und mit der hintern Wand so verbunden sind, dafs sie einen Korb bilden, dessen Form mit der der Eimer übereinstimmt. Man bringt sie zwischen den Eimern an und befestigt sie in gleicher Art, wie diese, an die Kette. Man meint, dafs sie, ohne selbst beschädigt zu werden, gröfsere Steine und andre harte Gegenstände fassen und lösen sollen. Diesen Zweck erfüllen sie aber keineswegs vollständig, vielmehr nur zufällig, wenn sie bei der dauernden Seitenbewegung einen Stein so fassen, dafs er hineinfällt. Die Bagger, die ich in Pillau vorfand, waren mit solchen Kratzen

Digitized by Google

versehn. Diese schützen aber nicht die dazwischen eingehängten Eimer, die in gleichem Maafs den Beschädigungen ausgesetzt blieben. Auch faſsten diese eben so oft, wie die Kratzen, gröfsere Steine, während letztere niemals Erde und Sand aufbrachten, also die eigentliche Baggerung nicht förderten. Ich fand mich daher veranlafst, sie vollständig zu beseitigen. Es mufs aber noch bemerkt werden, dafs die Baggereimer nicht selten Steine heraufbringen, die in ihnen nicht Raum finden, sondern auf ihnen und auf den Ketten liegen. Diese müssen alsdann sogleich abgehoben werden, weil sie beim Herabstürzen den Prahm beschädigen würden. Aufserdem ist solches Steinmaterial zu werthvoll, als dafs es mit dem übrigen Boden verschüttet werden dürfte.

In welcher Weise man einen sehr fest abgelagerten steinigen und kiesigen Untergrund auflockern kann, damit er von den Eimern gefafst wird, ist bereits § 74 erwähnt, es mufs aber noch angeführt werden, dafs kräftige und starke Bagger sogar zusammenhängende Massen weicheren Gesteins angreifen. Im Eingange des Hafens von Boulogne lag an der westlichen Seite der gewachsene Kreideboden so hoch, dafs er stellenweise sogar über das niedrigste Wasser vortrat. Indem man später ein ausgedehntes Bassin oder einen Flotthafen daselbst erbaute, der auch Fregatten aufnehmen sollte, so mufste diese Bank beseitigt werden, und der bereits mehrfach genannte Bauunternehmer Castor erbot sich, dieselbe fortzubaggern und zwar für einen Preis, der freilich viel höher, als sonstige Baggerarbeiten war, der sich aber dennoch bedeutend niedriger stellte, als wenn man das Gestein unter Wasser gesprengt und gehoben, oder hinter Fangedämmen beseitigt hätte. Diese Arbeit war im Jahr 1863 im Betriebe. Die Einrichtung des Baggers stimmte mit derjenigen überein, die in Frankreich allgemein üblich ist. Das gelöste Material wurde mittelst einer geneigten Eimerkette gehoben und über der Mitte des Fahrzeugs abwechselnd nach beiden Seiten in Prahme verstürzt. Das Fahrzeug selbst, wie alle Theile der Maschine, waren besonders stark ausgeführt. Die Eimer faſsten über 20 Cubikfufs und zwischen je zwei derselben befand sich jedesmal eine Kratze. Dieselbe bestand aus zwei mit einander verbundenen sehr starken Zinken mit stählernen Spitzen, die etwa 6 Zoll vor die Eimer vortraten und zum Abbrechen des Gesteins dienten. Sie erfüllten

Digitized by Google

in diesem Fall ihren Zweck und lösten grofse Stücke, die sie theils selbst faſsten und die theils von den nachfolgenden Eimern aufgenommen wurden. Eine Seitenbewegung des Baggers fand aber nicht statt, vielmehr bewegte sich derselbe nur in der Richtung der Baggerleiter, woher die Eimer den vorhergehenden Kratzen folgten und in gewissem Grade durch sie vor Beschädigungen geschützt wurden. Oft und sogar gewöhnlich griffen die Zinken in das Gestein, ohne es sogleich abzubrechen. Dabei tauchte das Schiff sehr merklich tiefer ein, und sprang wieder auf, sobald die Haken abglitten. Solche vergebliche Angriffe wiederholten sich meist mehrmals nach einander. Die Eimer kamen alsdann leer herauf, oder hatten nur wenige kleine Stücke gefaſst, doch zuweilen förderten sie auch Blöcke von mehr als 20 Cubikfuſs, bei deren Herabstürzen Baggerschiff und Prahm erschüttert wurden, die Rinne führte indessen bis nahe an den Boden des Prahms herab, um diesen vor zu harten Stöſsen zu sichern. In solcher Weise hatte die Arbeit nur sehr langsamen Fortgang, aber dennoch überwand die Maschine alle Hindernisse und der Versuch glückte vollständig. Dem Unternehmer wurde für den Cubikmeter gelösten Gesteins, in voller Masse gerechnet, 12 Francs gezahlt, also für die Schachtruthe 43 Mark.

Wegen der unvermeidlichen vielfachen Beschädigungen der Eimer müssen diese in solcher Weise an die Kette befestigt werden, daſs sie leicht gelöst werden können. Bei kleinern Maschinen verbindet man sie mit den Kettenbolzen, und alsdann ist das Einsetzen andrer Eimer besonders bequem. Gröfsere Eimer werden dagegen an die Kettenglieder angeschraubt, die Schrauben dürfen aber vor die Glieder nicht vortreten, weil diese sich sonst auf die Seiten der Trommeln nicht flach auflegen würden, sie sind daher mit versenkten Köpfen in die Kettenglieder eingelassen und ihre Schraubengewinde, wie auch die Muttern, befinden sich im Innern der Eimer. Die gewöhnliche Befestigung der Muttern genügt aber in diesem Fall nicht, da dieselben bei der Erschütterung der Kette sich bald lösen. Selbst durch doppelte Muttern, die fest gegeneinander gezogen werden, erreicht man noch nicht volle Sicherheit. Vortheilhaft ist es aber, ein durchbohrtes dünnes Brettstück aus trocknem hartem Holz zwischen die Eimerwand und die Muttern zu legen, weil solche elastische Unterlage ein

Digitized by Google

scharfes Anziehn der Muttern gestattet, und die Spannung noch vermehrt wird, sobald das Holz beim Eintauchen in das Wasser quillt.

Diese Befestigungsart der Eimer, die jedenfalls die einfachste ist, hat den Nachtheil, dafs der Boden, über den der Inhalt des Eimers herabgleiten mufs, nicht eben ist, vielmehr die Schrauben mit den Muttern daraus hervortreten. Letztere verhindern die Entleerung der Eimer, und besonders geschieht dieses bei zähem Thonboden, der im Eimer einen compacten Klumpen bildet. Aufserdem wird gemeinhin das Herabgleiten der Masse noch in andrer Art etwas erschwert. Wenn nämlich die Kettenglieder an ihren Enden vortreten, da hier die Achsen hindurchgezogen sind, so mufs der aus Blech gebildete Boden des Eimers gleichfalls sich erheben. Seine Verlängerung über das Kettenglied hinaus ist aber in sofern wichtig, weil während des Ansteigens auf der Leiter oft das Baggermaterial hier noch aufliegt.

Um die Entleerung des Eimers bei thonigem Boden möglichst zu befördern, mufs man vorzugsweise den Eimern eine solche Form geben, dafs sie nach oben oder nach der offenen Seite sich stark erweitern, und zwar eben sowohl in der einen, wie in der andern Richtung. Bei Kies ist diese Vorsicht entbehrlich, weil derselbe leicht herausfällt, wenn auch die Eimer nahe prismatisch gestaltet sind. Demnächst aber ist es in dieser Beziehung auch von grofser Wichtigkeit, dafs die Kette sich nur langsam bewegt, damit die Erdmasse sich lösen kann, bevor der Eimer vor der Rinne vorübergegangen ist. Löst sich die Erde nicht von selbst aus dem Eimer, so bewirkt man dieses zuweilen durch einen Schlag, den man mit einem hölzernen Hammer auf den Boden des Eimers führt. Bei gröfsern Eimern ist jedoch dieses Mittel ganz unwirksam.

Dem ersten in Königsberg eingerichteten Dampf-Bagger, dessen bereits § 52 erwähnt wurde, hatte man prismatisch geformte Eimer gegeben. Als aber die Besorgnifs angeregt wurde, dafs der Schlick nicht herausfallen möchte, so schnitt man die hintern Flächen der Eimer aus und brachte dafür bewegliche Klappen an, die beim Uebergange über die obere Trommel durch Hebel nach Innen gedrückt wurden, und dadurch den Inhalt der Eimer in Bewegung setzen sollten. Wie schon oben mitgetheilt, erwies der ganze Bagger sich aber als durchaus unbrauchbar.

Digitized by Google

Endlich wäre in Betreff der Eimer noch zu bemerken, dafs dieselben sowohl am Boden, wie an den Seiten mit einer grofsen Anzahl kleiner Löcher versehn sein müssen, durch welche das geschöpfte Wasser abfliefsen kann. Sollte bei sehr weichem und schlammigem Grund dieser zugleich mit dem Wasser hindurchdringen, so schliefst man die Löcher durch eingesetzte hölzerne Pfropfen.

Die Eimerkette wird durch den obern Turas in Bewegung gesetzt, und diesen treibt die Dampfmaschine oder der Pferdegöpel, oder bei kleinern Baggern geschieht dieses durch die Arbeiter, welche Curbeln drehn. Die Uebertragung der Bewegung erfolgt vielfach durch Räderwerk, zum Theil durch Vermittelung von langen Triebwellen oder auch wohl von Ketten, welche in Daumen auf den Rädern eingreifen. Jedenfalls ist es vortheilhaft, diese Maschinentheile möglichst einfach einzurichten, und in dieser Beziehung empfiehlt sich vorzugsweise die in neuster Zeit in Frankreich ziemlich allgemein eingeführte Anordnung, wonach von den Kolben der aufrecht stehenden Dampfcylinder die Leitstangen ausgehn, welche die Curbeln eines Getriebes drehn, das ein mit der obern Kettentrommel verbundenes Stirnrad in Bewegung setzt. Zuweilen und namentlich bei Baggermaschinen, welche nur für kurzen Gebrauch eingerichtet sind, befinden sich jene Curbeln sogar an der Achse der Trommel. In dieser Art hatte der Unternehmer, der vor zwanzig Jahren den Hafen von Dünkirchen vertiefte, die Maschine eingerichtet. Solche Anordnung ist zwar besonders einfach, doch pflegt dabei die Eimerkette eine zu grofse Geschwindigkeit anzunehmen, die für den regelmäfsigen Betrieb nicht vortheilhaft ist. Aufserdem empfiehlt es sich aber noch in andrer Beziehung, die Bewegung der Dampfmaschine mittelst Rad und Getriebe auf die Baggermaschine zu übertragen.

Der Widerstand, welchen die letztere erleidet, ist nämlich besonders in unreinem Boden sehr verschieden, und wenn ein Eimer einen besonders schweren oder fest gebetteten harten Körper trifft, so wird der Eimer und mit ihm die ganze Baggermaschine plötzlich angehalten, während die Dampfmaschine in vollem Gang ist. Der Bruch des Eimers oder irgend eines Gliedes ist alsdann kaum zu vermeiden, wenn nicht die Verbindung beider Maschinen

Digitized by Google

sich sogleich von selbst löst. Zu diesem Zweck setzt man das Rad, in welches das Getriebe eingreift, nur lose auf die abgedrehte Achse der obern Trommel, verbindet es aber mit einer starken Scheibe, der sogenannten Frictionsscheibe, die durch irgend welche Schrauben-Verbindungen gegen jene Achse geklemmt und durch die Reibung daran festgehalten wird. Sie theilt während des gewöhnlichen Betriebs die Drehung des Rades der Trommel mit, wenn aber plötzlich der Widerstand der letztern sehr grofs wird, so überwindet dieser die Reibung und alsdann dreht sich die Scheibe mit dem Rad auf der Achse. Vollkommene Sicherheit gewährt diese Einrichtung nicht, denn wenn die Scheibe lange ihre Stellung behalten hat, so pflegt die Reibung so grofs zu werden, dafs die Frictionsscheibe nicht frei wird. Gröfsere Sicherheit bietet das Einsetzen von Holzkeilen, wovon bei Beschreibung eines Dampf-Baggers die Rede sein wird.

Auf die Darstellung der passenden Geschwindigkeit der Kette mufs man besonders aufmerksam sein und namentlich vermeiden, dafs sie zu grofs wird. Die Eimer entleeren sich viel regelmäfsiger und vollständiger, wenn sie sich langsamer bewegen, also längere Zeit hindurch über der Rinne schweben. Eben so verhält es sich mit dem Einschneiden in den Boden und mit dem Anfüllen der Eimer. Der gröfste Theil der Kraft, den die Maschine entwickelt, wird hierauf verwendet. Dieselbe mufs aber verstärkt werden, wenn das Einschneiden mit grofser Geschwindigkeit erfolgen soll, weil die zusammenhängende Erdmasse sich nicht plötzlich löst. Je compacter der Boden ist, um so langsamer trennt er sich, und um so geringer mufs daher die Geschwindigkeit sein. Vergleicht man die Leistungen verschiedener Bagger, so wird man allgemein finden, dafs die Masse des in der Stunde geförderten Materials in Vergleich zur Betriebskraft sich um so günstiger herausstellt, je langsamer die Eimer sich bewegen. Man kann aber durch Vergröfserung der Eimer leicht den Ausfall ersetzen, den die Verminderung ihrer Geschwindigkeit veranlafst. Die Geschwindigkeit von 1 Fufs in der Secunde dürfte als das Maximum anzusehn sein, während eine Geschwindigkeit von 9 Zoll noch vortheilhafter ist.

Die Seitenbewegungen pflegen bei Dampf-Baggern gleichfalls von der Maschine auszugehn, und diese sind so zu be-

Digitized by Google

messen, dafs der folgende Eimer den Einschnitt berührt, den der vorhergehende gemacht hat. Sehr vortheilhaft ist es aber, wenn die Seitenbewegung durch Einrücken eines zweiten Getriebes noch bedeutend beschleunigt werden kann, um den Bagger über solche Stellen schnell fortzuschaffen, wo die erforderliche Tiefe schon vorhanden ist.

In welcher Weise diese Bewegung, mittelst je eines oder je zweier Anker an jeder Seite, dargestellt wird, ist bereits § 74 mitgetheilt worden. Es mufs aber bemerkt werden, dafs wenn die Kraft der Dampfmaschine auch zu diesen Seitenbewegungen benutzt wird, dennoch das Anholen des Hauptankertaues nach jedem einzelnen Schlage oder nach Vollendung jedes Querweges, mittelst einer Winde erfolgt, welche die Arbeiter drehn. Wenn dagegen eine Baggerleiter gehoben werden soll, so geschieht dieses wieder durch die Maschine.

Sehr wichtig ist die Frage, an welcher Stelle des Fahrzeugs die Baggerleiter angebracht und wo die Prahme liegen sollen, welche das gehobene Material aufnehmen. Bei uns legte man allgemein die Leiter an die Längenseite des Baggers und zwar wurden gewöhnlich zwei Leitern, nämlich an jeder Seite eine, angebracht. Letzteres empfiehlt sich in sofern, als eine einzelne über Bord hängende Leiter ein bedeutendes Gegengewicht erfordert, wenn das Fahrzeug gehörig schwimmen soll. Dieses kommt dennoch zuweilen vor, wie ich zum Beispiel auf der Warnow bei Rostock sah.

Fig. 205 *a* deutet die Anordnung der Bagger mit zwei Eimerleitern an. *A B* sind diese Leitern. Bei *A* befindet sich die obere und bei *B* die untere Kettentrommel. Das gehobene Material wird in zwei Rinnen aufgefangen, die soweit vortreten, dafs sie nahe in die Mitte der Baggerprahme *C* treffen. Letztere liegen an ausgebauten Rüstungen soweit seitwärts, dafs sie von den Baggerleitern nicht berührt werden. Das Haupttau, welches die Eimer gegen den abzustechenden Grund zieht, ist im Buge des Fahrzeugs bei *D* angebracht.

Die Dampfmaschine muss bei dieser Anordnung so kräftig sein, dafs sie beide Bagger gleichzeitig treiben kann, und da beide den Grund angreifen sollen, so stellt man den vorangehenden Schlitten etwas höher ein, als den folgenden. Sobald

Digitized by Google

aber die Bewegung des Baggers eine entgegengesetzte Richtung annimmt, so mufs der erste Schlitten, der nunmehr der hintere ist, gesenkt und der andre gehoben werden. Bei dieser Anordnung würde die Maschinenkraft nicht vollständig ausgenutzt werden, wenn man zeitweise nur einen Bagger in Betrieb erhalten wollte. Beide müssen daher gleichzeitig angelassen und angehalten werden. Hieraus folgt wieder, dafs auch beide Prahme in gleicher Zeit gefüllt sein sollten. Dieses geschieht aber keineswegs, vielmehr sinkt oft einer derselben schon bis zur Marke der vollen Ladung herab, während beim andern diese noch hoch über Wasser liegt. Nichts desto weniger müssen beide gleichzeitig fortgeschoben und durch zwei leere ersetzt werden, weil die Unterbrechung des Betriebs zu grofs sein würde, wenn man sie einzeln wechseln wollte. Diese Auswechselung der Prahme verursacht gewöhnlich eine lange Unterbrechung. Bei gehöriger Aufsicht verkürzt sich freilich die Dauer derselben, doch ist eine ununterbrochene Aufsicht namentlich in entlegenen Fahrwassern schwierig, und wenn die Maschine angehalten wird, so findet sich leicht Veranlassung, die Pause weit auszudehnen. Wenn ich unbemerkt den Betrieb solcher Bagger beobachtete, so war die Dauer der Pause wenigstens eben so lang als die der Arbeitszeit, und oft übertraf sie diese. Hieraus ergiebt sich, dafs die Leistung einer solchen Maschine nicht gröfser ist, als wenn nur eine Baggerleiter mit einer Dampfmaschine von der halben Kraft dauernd in Bewegung erhalten würde.

Wenn eine starke Strömung stattfindet, so gestaltet sich dieses Verhältnifs günstiger, weil alsdann der volle Prahm schnell abtreibt, und der leere, der vorher an die passende Stelle gebracht war, sogleich angelegt werden kann. Auf der Elbe bei Hamburg ist es üblich, in solchem Fall die Maschine gar nicht anzuhalten. Man hebt nur die Klappe auf, welche die Fortsetzung der Rinne bildet, um den Inhalt eines Eimers, der vielleicht in der Zwischenzeit abfällt, aufzufangen. Bevor der folgende Eimer sich entleert, befindet sich der neue Prahm schon an seiner Stelle und nimmt die Schüttung auf.

Die Baggerleiter hat an der Seite des Fahrzeugs noch in andrer Beziehung eine ungünstige Lage. Wenn nämlich bei mäfsigem Wellenschlag ein Rollen oder ein Schwanken um die

Digitized by Google

Längenachse des Baggerschiffs eintritt, so hebt und senkt sich die Leiter sehr stark, und die auf der untern Kettentrommel aufliegenden Eimer entfernen sich abwechselnd vom Grund und stofsen heftig auf denselben auf. Hierdurch wird die Wirksamkeit der Maschine nicht nur vermindert, sondern es treten auch leicht Beschädigungen derselben ein.

Mit Rücksicht auf diesen Umstand ist es zweckmäfsiger, die Eimerleiter in die Mittellinie des Baggerschiffs zu legen. Das Rollen des letztern veranlafst alsdann nur eine Seitenbewegung der Leiter und diese, die auch im ersten Fall nicht fehlt, ist weniger nachtheilig, als die auf- und abwärts gerichtete. Eine Anordnung dieser Art kommt vielfach bei gröfsern Dampf-Baggern vor, und namentlich war sie bei Vertiefung der Clyde allgemein angewendet worden. Fig. 205 *b* zeigt das Wesentlichste solcher Einrichtung. Das Baggerschiff spaltet sich in seinem hintern Theil, und in dem Schlitz, der wasserdicht umschlossen sein mufs, hängt die Baggerleiter *A B*. Der obere Turas *A* ragt noch etwas über den Spiegel des Fahrzeugs vor. Er wird durch eine über das Deck geführte eiserne Welle von der Dampfmaschine aus, die sich vorn befindet, in Bewegung gesetzt. Der Schlitz mufs so lang sein, dafs beim Auflegen und Abnehmen der Kette die ganze Leiter hindurchgewunden werden kann. Das Tau des Hauptankers ist wieder am Vordertheil des Fahrzeugs bei *D* befestigt und der Prahm *C*, der das gehobene Material aufnimmt, wird quer an das Schiff gelegt. Die Anbringung des Schlitzes im Fahrzeuge beeinträchtigt unbedingt die Festigkeit desselben, doch läfst sich durch gehörige Verstärkungen diesem Uebelstand genügend vorbeugen, und die in Rede stehende Anordnung des Baggerschlittens gestattet noch, mittelst starker Schwellen am Hintertheil des Fahrzeugs die Böden der beiden getrennten Theile mit einander zu verbinden. Die Baggerleiter würde diese Schwellen nur berühren, wenn sie eine nahe senkrechte Stellung annähme, was nie geschieht.

Bei diesem sogenannten Schottischen Bagger ist indessen das Anlegen des Prahms schwieriger, als wenn derselbe an der Langseite seinen Platz findet, namentlich bei einiger Strömung in der Richtung des Baggers. Aufserdem befindet sich die untere Kettentrommel jedesmal unter dem Fahrzeug und

Digitized by Google

sogar ungefähr in der Mitte desselben. Die Baggerung kann daher nur stattfinden, wenn die Untiefe, die man beseitigen will, so tief unter Wasser liegt, dafs das Fahrzeug darüber schwimmt. Wo Fluth und Ebbe stattfindet, ist dieser Umstand von weniger Bedeutung, weil man zur Zeit des höhern Wassers die Fläche angreifen und so weit erniedrigen kann, dafs die Arbeit sich bei kleinem Wasser fortsetzen läfst. In Gewässern ohne merklichen Fluthwechsel empfiehlt es sich jedoch, jeden Bagger so einzurichten, dafs die Eimerleiter über ihn hinausgreift, damit sie schon vor ihm solche Tiefe darstellen kann, dafs er, ohne den Grund zu berühren, ihr folgt. Befinden sich die Baggerleitern an den Seiten des Schiffs, so ist diese Bedingung noch zu erfüllen, indem man jene soweit nach vorn bringt, dafs sie über den Vordersteven hinausreichen. Bei den Schottischen Baggern ist dagegen dieses sogenannte Freibaggern unmöglich.

Endlich tritt bei sehr unreinem Grund und namentlich bei kleinern Baggern, wenn deren Leitern in Schlitzen liegen, noch der Uebelstand ein, das die Eimer zuweilen versunkenes Holz fassen, das, während es gehoben wird, auf beiden Seiten den Boden des Fahrzeugs trifft und sonach durch den Bagger nicht herausgeschafft werden kann. Es bleibt in diesem Fall nichts übrig, als die Kette etwas zurückgehn zu lassen, und nunmehr vom Deck aus mittelst Stangen und Haken das Holzstück zu drehn und soweit zu heben, dafs man ein Tau darunter bringen und es hieran aus dem Wasser ziehn kann. In kleinern Flüssen wiederholen sich zuweilen Störungen dieser Art so vielfach, dafs die Arbeit dadurch wesentlich verzögert wird, beim Aufräumen der Seehäfen und tieferer Fahrwasser pflegen dergleichen Störungen jedoch nur selten vorzukommen.

Die Baggerleiter läfst sich noch in andrer Weise in dem Baggerschiff anbringen, wie Fig. 205 *c* zeigt. Man legt sie nämlich wieder in einen Schlitz in der Mittellinie des Fahrzeugs, jedoch so, dafs die obere Kettentrommel *A* sich nicht am hintern Theil, vielmehr in der Mitte des Schiffs befindet, während die untere Trommel hinter das Fahrzeug hinaustritt. Der Bagger kann also die Tiefe, deren er bedarf, stets sich selbst beschaffen, da jedoch die Eimer bei dieser Stellung der Baggerleiter in einer der frühern entgegengesetzten Richtung den Grund an-

Digitized by Google

greifen, so mufs die Winde *D*, welche das Tau des Hauptankers anzieht, am Hintertheil angebracht sein. Dafs sie nicht genau in der Mittellinie, vielmehr etwas seitwärts steht, ist ohne wesentlichen Nachtheil, dieser Uebelstand läfst sich auch leicht dadurch beseitigen, dafs man die Ankerkette über eine Rolle führt, die über der Eimerleiter schwebt.

Das Ausschütten des gehobenen Materials erfolgt in der Mitte des Decks, die Rinnen, welche dasselbe aufnehmen, müssen also bis hieher reichen. Sie sind eben sowohl nach der einen, wie nach der andern Seite gerichtet, während eine Klappe an der Stelle, wo sie zusammenstofsen, durch einen Hebel, oder in andrer Weise sich beliebig nach einer oder der andern Seite neigen läfst. Diese Klappe bildet also die Fortsetzung der Rinnen und führt nach der Stellung, die sie einnimmt, einer derselben das gesammte gehobene Material zu.

Diese Anordnung, welche in Frankreich allgemein eingeführt ist, und auch bei uns sehr günstige Resultate ergeben hat, ist in sofern von grofser Bedeutung, als dabei jede Unterbrechung der Arbeit vermieden wird. Während ein Prahm die Baggererde aufnimmt, legt man einen andern leeren an die gegenüberstehende Seite, und sobald der erste seine volle Ladung erhalten hat, so wird, ohne die Maschine anzuhalten, die erwähnte Klappe nach der andern Seite übergeneigt, worauf das gehobene Material sogleich in den leeren Prahm fällt. Die Klappe so wie auch die obern Theile der Rinnen müssen mit dichten und hinreichend hohen Wandungen umgeben sein, weil sonst die ausgestürzte Erde über das ganze Deck spritzt, und dadurch nicht nur der Betrieb erschwert, sondern auch die frei liegenden Maschinentheile leiden würden.

Bei dieser Lage der Baggerleiter ist die obere Kettentrommel von dem Prahm, der das geförderte Material aufnimmt, weiter entfernt, als bei allen sonstigen Baggern. Die Rinnen, welche immer eine gewisse starke Neigung haben müssen, werden daher länger und folglich mufs auch die obere Trommel höher liegen, oder die Erde wird zu gröfserer Höhe gehoben, und hierzu ist eine gröfsere Kraft der Maschine erforderlich. Betrachtet man indessen die Leistungen der Bagger, so ergiebt sich, dafs dieselben im Vergleich zur Förderungshöhe sehr geringe bleiben.

Digitized by Google

Nur wenige Dampfbagger heben in der Stunde mit einer Pferdekraft eine Schachtruthe Erde oder Sand, die meisten unsrer Maschinen leisten viel weniger, zuweilen sogar nur die Hälfte. Besonders geringe wird ihre Leistung, wenn die Eimer nicht gehörig tief eingreifen. Castor giebt den Effect seiner Maschinen mit einer oder mit zwei geneigten Eimerleitern zu 1,4 Schachtruthen für die Pferdekraft und Stunde an, und den der Maschine mit senkrechter Eimerkette sogar zu 1,6 Schachtruthen. Diese grofse Wirksamkeit erklärt sich zum Theil dadurch, dafs die betreffenden Maschinen nur in ihrer Längenrichtung bewegt wurden, und selbst dieses durch Menschenkraft geschah. Wahrscheinlich sorgte man aber auch stets für gehörig tiefes Eingreifen der Eimer.

Um den Theil der Kraft zu ermitteln, der zum Heben des Materials verwendet wird, untersuchte ich den rein ausgewaschenen Seesand, wie er vielfach, und sogar vorzugsweise von unsern Baggern, gehoben wird. Derselbe lagert sich sowohl trocken, wie auch nafs in verschiedener Art ab. Bei der lockeren Ablagerung, die man erhält, wenn man trocknen Sand leise ins Wasser schüttet und jede Erschütterung vermeidet, ist das Verhältnifs des Sandes zu dem dazwischen befindlichen Wasser, dem Volum nach gerechnet, wie 16 zu 11, oder der Sand nimmt nur 59 Hunderttheile des Raums ein. Wenn dagegen der Sand möglichst dicht abgelagert ist, so stellt sich jenes Verhältnifs auf 17 zu 10, oder auf 65 Procent des ganzen Rauminhalts. Das specifische Gewicht des Sandes in der compacten Masse fand ich 2,65, also übereinstimmend mit dem des Granits, woraus er entstanden ist. Indem ich nur auf die feste Ablagerung Rücksicht nehme, welche das gröfste Gewicht bedingt, so wiegt die Schachtruthe derselben

in der Luft . . . . 18400 Pfund und
im Wasser . . . . 8945 Pfund.

Erfolgt die Baggerung 15 Fufs unter Wasser und wird das Material 20 Fufs über Wasser gehoben, so erfordert eine Schachtruthe dieser Ablagerung die Kraft von 485700 Fufspfunden. Eine Pferdekraft entwickelt dagegen in der Stunde 1728000 Fufspfunde, und wenn der dritte Theil davon in der Reibung der Baggermaschine, die vermöge der Rollen nicht so bedeutend ist,

Digitized by Google

und in der sehr langsamen Seitenbewegung consumirt wird, so bleiben noch 1152000 Fufspfund übrig. Davon wird zum Heben noch nicht die Hälfte, sondern nur etwa 3 Siebentheile verwendet. Der Rest, also die gröfsere Hälfte, ist zur Ueberwindung des Widerstandes beim Einschneiden der Eimer in den Boden erforderlich. Es ergiebt sich hieraus, dafs nur eine sehr mäfsige Verstärkung der Kraft erforderlich wird, wenn man die obere Kettentrommel einige Fufs höher legt, dafs die Leistung aber wesentlich sich verstärkt, wenn das Material vollständig aufgefangen und in einer hinreichend geneigten Rinne dem Prahm zugeführt wird. Die gröfsere Höhe, zu der man bei der letzten Anordnung der Bagger das Material heben mufs, ist sonach keineswegs als besonders nachtheilig anzusehn.

Die Rinnen müssen hinreichend geneigt sein, damit das Material darin von selbst herabgleitet. Für leichten schlammigen Boden genügt die Neigung von 30 Graden gegen den Horizont, doch mufs diese als äufserste Grenze angesehen werden, und da die Bagger meist verschiedentlich benutzt werden, so empfiehlt es sich, den Rinnen die Neigung von 45 Graden zu geben, auf der selbst feuchter Sand und zäher Thon herabsinkt. Sollte letzteres zu Zeiten nicht vollständig geschehn, so kann man dieses dadurch befördern, dafs man einen Theil der Löcher in den Seitenwänden der Eimer schliefst, also mehr Wasser schöpft, welches beim Abfliefsen durch die Rinne das sich hier ansammelnde Material fortspült. Sind die Rinnen zu wenig geneigt, oder können sie wegen der Höhe des Prahms nicht hinreichend gesenkt werden, so ist man gezwungen, besondere Arbeiter anzustellen, die den Sand in der Rinne herabschieben oder mittelst Schaufeln Wasser darüber giessen. In dem ersten Königsberger Dampf-Bagger war sogar ein durch die Dampfmaschine betriebenes geneigtes Schaufelwerk angebracht, das den gehobenen Boden durch die Rinne dem Prahm zuführte.

Man pflegt diese geneigten Rinnen nicht in ihrer ganzen Länge fest zu verbinden, vielmehr den äussern Theil um ein Charnier drehn zu lassen, damit die leeren Prahme, deren Borde hoch über Wasser treten, darunter geschoben werden können. In Rostock hatte man zu demselben Zweck die Prahme so eingerichtet, dafs ein Theil ihrer Seitenwand sich niederlegen liefs.

Digitized by Google

Ohne Zweifel wurde dadurch der Verband der Prahme wesentlich beeinträchtigt, wenn gleich die offenen Fugen ohne Nachtheil waren, insofern neben den Bodenklappen die Fugen sich auch nicht wasserdicht schliefsen liefsen.

§ 79.

Aeltere Bagger mit geneigter Eimerkette.

In den Preussischen Ostsee-Häfen waren im Anfange dieses Jahrhunderts nur Pferde-Bagger im Gebrauch, die in ihrer Construction wenig von einander abwichen. Ihre einzelnen Maschinentheile entsprachen keineswegs den Anforderungen, welche man heutiges Tags an eine Maschine stellt, die Räder und Getriebe waren, wie in ältern Mühlen, nur aus Holz zusammengesetzt, Gufseisen fehlte fast ganz, und selbst die Anwendung des Schmiedeeisens beschränkte sich auf so einfache Formen und und so geringe Dimensionen, dafs jeder Schmid die Stücke leicht darstellen konnte, ohne dafs er einen Zapfen oder eine Achse abdrehn, noch selbst von der Feile vielfach Gebrauch machen durfte. Dieser grossen Mängel ohnerachtet waren die Leistungen solcher Bagger doch sehr bedeutend und stellten sich meist vergleichungsweise höher, als diejenigen der später eingeführten Dampf-Bagger. Diese günstigen Resultate waren die Folge der sehr überlegten und zweckmäfsigen Einrichtung der Fahrzeuge und der Baggermaschinen. Das kastenförmige Schiff, welches die Maschine trug, war für die Seitenbewegungen mehr geeignet, als die neuern Baggerschiffe. Die Leiter, die bis zu Tiefen von 15 Fufs reichte, liefs sich bequem verstellen, und die Eimer, welche den gelösten Boden nur etwa 6 Fufs über Wasser hoben, schütteten denselben ohne Vermittelung von Rinnen sicher in den darunter gestellten Prahm aus. Dieser Prahm lehnte sich in eine Nische des Baggerschiffs und die in ihn hineinfallende Erde traf jederzeit seine Mittellinie. Er mufste freilich während der Füllung gedreht werden, doch geschah dieses ebenso schnell, wie sicher, und es genügte dazu eine Unterbrechung von kaum zwei Minuten. Die Eimer, deren Rückwände ganz eben waren, schütteten das Material leicht aus, und waren in solcher

Digitized by Google

Weise mit der Kette verbunden, dass man nur einen Keil auszuschlagen brauchte, um sie abzunehmen und durch andre zu ersetzen. Wegen der vollständigen Spannung der Eimerkette bedurfte die untere Trommel keiner weit vortretenden Ränder, und der hieraus sich ergebende Widerstand gegen die Seitenbewegung verschwand, so wie auch ein Abgleiten der Kette bei diesen Baggern niemals vorkam.

Diese grofsen Vorzüge der ältern Pferde-Bagger werden die specielle Beschreibung derselben rechtfertigen, und dieses um so mehr, als solche vielleicht gegenwärtig nirgend mehr zu finden, vielmehr überall durch Nachbildungen der Dampf-Bagger verdrängt sind. Wenn man aber die letztern bereits dahin abgeändert hat, dafs sie, wie jene, sich seitwärts hin und her bewegen, so dürften vielleicht auch andre Einrichtungen, deren Vorzüge unverkennbar sind, gleichfalls noch Nachahmung finden, und hierin liegt ein zweiter Grund, die Anordnung und Aufstellung dieser Maschinen eingehend zu beschreiben und durch Zeichnungen zu erläutern, was in keinem andern Werke über Wasser- oder Maschinenbau bisher geschehn ist.

Zwei solcher Bagger fand ich in Pillau vor, die in dem Hafen arbeiteten, während ein dritter die sogenannte Renne im Frischen Haff vertiefte. Letzterer war zeitweise einem lebhaften Wellenschlag ausgesetzt, der zwar die Einstellung der Arbeit nöthig machte, aber doch niemals Veranlassung gab, in den Hafen einzulaufen. Diese Bagger waren nach Holländischen Mustern ausgeführt und seit sehr langer Zeit, vielleicht schon seit dem siebzehnten Jahrhundert, in Preufsen üblich.

Fig. 206 *a.* zeigt den Bagger in der Ansicht von derjenigen Seite, wo sich die Nische für den Prahm befindet, und zum Theil im Längendurchschnitt, Fig. 206*c* in der Ansicht von der schmalen Seite und Fig. 206*b* in der Ansicht von oben. In der letzten Figur ist die Eimerkette abgenommen. Das Fahrzeug von rectangulärer Form ist 47 Fufs lang, 22 Fufs breit und 7 Fufs hoch, ohne irgend eine Zuschärfung an einer Seite. Es ist jedoch mit einem Einschnitte oder einer Nische versehn, die so bemessen ist, dafs, wenn der Baggerprahm darin liegt, die Eimerkette in die Querlinie trifft, welche seine lange Seite halbirt, wie Fig. 192*a* zeigt. Die Langwände des Baggers sind ein

Digitized by Google

wenig übergeneigt, die beiden kürzern Wände dagegen, so wie auch die der Nische erheben sich senkrecht. Die Baggerleiter befindet sich an der schmalen Seite neben der erwähnten Nische. Die verschiedenen Winden, so wie auch der Göpel sind auf Deck, wiewohl der letztere bei andern Baggern dieser Art zuweilen in den untern Raum verlegt ist. Aufserdem befindet sich auf dem Deck noch eine Bude zum Kochen, worin die Arbeiter zu Mittag sich aufhalten, auch wohl ihre Schlafstellen haben. Der untere Raum enthält den Pferdestall, sowie das Räderwerk, eine Kammer für Reservestücke, eine kleine Werkstatt, und häufig auch das Volks-Logis.

Die Construction des Fahrzeugs bedarf keiner nähern Beschreibung, da sie mit der Bauart flacher prahmartiger Gefäfse übereinstimmt. Es wäre nur zu bemerken, dafs über die Inhölzer im Boden drei starke Balken oder Kolsums gestreckt sind, welche Fig. 206*b* in punktirten Linien andeutet. Dieselben tragen sowol die Pfannen der senkrechten Wellen, wie auch die Stiele, die mittelst darüber liegender Träger die Deckbalken unterstützen.

Es könnte unangemessen erscheinen, den Göpel auf dem Deck anzubringen, während der Stall im Raum ist, und sonach die Pferde jeden Morgen und Abend, in langen Tagen auch des Mittags, die ziemlich steile Rampe hinauf- und herabgehn müssen. Diese Anordnung bietet aber keine wirkliche Schwierigkeit, während entgegengesetzten Falls, wenn man den Göpel in den Raum verlegen wollte, was in der That zuweilen geschieht, die Pferde wegen der Hitze und des mangelnden Luftzugs während der Arbeit in starken Schweifs versetzt werden und weniger als in freier Luft leisten. Pferde, die zum erstenmal auf den Bagger kommen, gehn allerdings nicht gutwillig die Rampe herab, doch ist es leicht, sie hierzu zu nöthigen. Das Geschirr wird ihnen verkehrt aufgelegt, so dafs der Brustriemen das Pferd hinten fafst, und die Stränge, die sich alsdann vor seiner Brust befinden, werden in einen Flaschenzug eingehakt, worauf zwei Mann, welche die Leine des Flaschenzugs anziehn, leicht das Pferd herabbringen. Ist dieses aber einige Male geschehn, und weifs das Pferd, dafs es unten gefüttert wird, so lässt es sich ohne Widerstand herabführen, und nach einigen Tagen oder Wochen geht es von selbst

Digitized by Google

in den Stall, sobald es abgesträngt wird. Das Heraufführen der Pferde macht dagegen gemeinhin gar keine Schwierigkeit, obwohl man auch zu diesem Zweck leicht dasselbe Mittel anwenden könnte.

Indem alle Theile der Baggermaschine sich nur langsam bewegen, Schwungräder dabei auch nicht vorkommen, so überträgt sich ein starker Widerstand, dem die Eimer vielleicht begegnen, sogleich auf den Göpel, und die Pferde stehn alsdann still. Es bedarf daher bei diesem Bagger keines Frictionsrades, welches, um einen Bruch zu vermeiden, die Verbindung zwischen der Betriebswelle und der obern Kettentrommel unterbricht.

Bei der angegebenen Breite des Baggers hätte die Bahn, in der die Pferde gehn, ohnfehlbar eine gröfsere Ausdehnung erhalten können, wobei die scharfe Wendung, welche die Pferde sehr ermüdet, vermindert worden wäre. Auch das Tau, wodurch dem Bagger die Seitenbewegung gegeben wird, hätte diese Aenderung nicht verhindert, indem es ohne Schwierigkeit unmittelbar auf den Rand des Baggers verlegt werden konnte. Es soll jedoch der Bagger, wie er wirklich war, hier beschrieben werden, und sonach stellt die Zeichnung ihn auch mit allen seinen Mängeln dar.

Der Kreisweg, den die Pferde beschrieben, hatte nur 14 Fufs Durchmesser, und bei der gewöhnlichen Arbeit, wenn die Eimer gehörig einschnitten und gefüllt aufstiegen, mafs die Geschwindigkeit der Pferde nicht mehr als 3 Fufs. Der Göpel drehte sich also in 14,6 Secunden einmal um seine Achse. Das Kammrad an der Welle des Göpels war mit 62 Kämmen versehn und der Drilling, in den es eingriff, mit 19 Stöcken. Der zweite Drilling an derselben Welle hatte dagegen nur 16 Stöcke und das Stirnrad, das er bewegte und dessen Welle in ihrer Verlängerung zugleich die obere Kettentrommel bildete, war mit 60 Zähnen versehn. Wenn sonach der Göpel sich einmal drehte, so machte die Kettentrommel nur 0,87 oder ungefähr $^7/_8$ einer Drehung. Diese Trommel hatte einen quadratischen Querschnitt, bei einer Drehung gingen daher vier Glieder von 18 Zoll Länge oder 6 laufende Fufs Kette darüber. Hieraus ergiebt sich, dafs die Geschwindigkeit der Kette nur 0,35 Fufs oder etwas über 4 Zoll mafs. Dieselbe vergröfserte sich aber bis auf das Doppelte, wenn die Pferde angetrieben wurden, und dieses ge-

Digitized by Google

schah, sobald die Eimer nur wenig eingriffen. Die letzte Welle, welche auf der einen Seite das Stirnrad trägt und auf der andern die obere Kettentrommel bildet, liegt mit ihrem Hals in der cylindrischen Vertiefung eines über Bord tretenden Balkens. Sowohl diese Vertiefung, wie auch der Hals sind mit eingelassenen und regelmäfsig abgefeilten Schienen versehn. Die Figuren 206 *a* und *b* zeigen diese Unterstützung der Welle.

Die Ketten bestanden aus zwei Strängen, welche, wie Fig. 207 zeigt, mittelst durchgehender Achsen mit einander verbunden waren. Die einzelnen Glieder der Kette waren aber bei den verschiedenen Baggern verschieden gestaltet. Die Zeichnung stellt sie in der einfachsten Form dar, wobei sie nur aus durchlochten Schienen bestehn, die an den Augen breiter sind, um auch hier die nöthige Stärke zu behalten. In andern Fällen hatten sie durchweg gleiche Breite, wodurch ihre Anfertigung noch leichter wurde, man mufste ihnen aber alsdann in dem mittleren Theile einen gröfseren Querschnitt geben, als nöthig gewesen wäre. Namentlich geschah dieses, sobald die Rollen, welche die Zeichnung darstellt, fortgelassen wurden. Ihre Breite mafs alsdann $1^3/_4$ Zoll und ihre Dicke 1 Zoll. Die Augen waren von Mitte zu Mitte 18 Zoll entfernt. Auf dem einen Bagger war jedes Kettenglied an dem einen Ende gabelförmig gespalten, so dafs es das einfache Ende des folgenden Gliedes umfafste. In diesem Fall war das Schmieden eines neuen Gliedes schwieriger, und indem dieses nur sehr unvollkommen zu geschehn pflegte, so traten dabei häufige Brüche und Verbiegungen ein, woher sich in keiner Beziehung ein Vorzug dieser Anordnung bemerken liefs. Die Achsen, welche beide Kettenstränge verbanden, waren in dem mittlern Theil $16^1/_2$ Zoll lang und $1^3/_8$ Zoll stark, die Zapfen an den Enden dagegen nur $^3/_4$ Zoll stark.

Auf diese Zapfen waren meist kleine eiserne Scheiben oder Rollen aufgezogen, wie Fig. 207*a* und *b* dieselben auf der rechten Seite der Kette zeigt. Sie sollten die Reibung vermindern, doch erfüllten sie diesen Zweck nur sehr unvollständig, wenn auch statt der ziemlich roh bearbeiteten schmiedeeisernen Rollen, gufseiserne angewendet wurden. Der Uebelstand lag darin, dafs ihre Nabe oder die innere Fläche des Bohrloches, mit der jede Rolle auf der Achse auflag, zu kurz war. Indem fort-

Digitized by Google

während Sand und Schlamm dazwischen trat, so konnte nicht fehlen, dafs das Ausschleifen entweder an der innern oder an der äufsern Seite etwas stärker, als an der andern wurde, und sobald die Achse auch nur etwas conisch sich gestaltete, so nahmen die Rollen sogleich die entsprechende Neigung an, und nunmehr schliffen sich sowohl die Achsen wie auch die Löcher in den Rollen immer schärfer conisch aus, so dafs die letztern sich sehr schräge gegen die Achsen stellten. Dieses veranlafste mich zu dem Versuch, die Rollen ganz zu beseitigen. Dadurch mufste freilich die Reibung gröfser werden, aber der Unterschied liefs sich im Effect der Baggerung nicht bemerken, und die sehr bedeutenden Beschädigungen der Achsen, die nach kurzen Zwischenzeiten immer durch neue ersetzt werden mussten, hörten auf. Um aber die Baggerleiter gegen Beschädigungen durch das Ueberschleifen der Ketten zu sichern, so wurden die Bahnen mit dünnen Brettern verkleidet, die ohne bedeutende Kosten etwa alle Monat erneut werden mufsten. Hierbei trat noch die Vereinfachung ein, dafs beim Fortfallen der Rollen auch die Splinte, die das Ablaufen derselben verhindern mufsten, entbehrlich wurden.

Die Kette hing, wie Fig. 206*c* zeigt, nicht frei in einer Bucht herab, sondern lag nicht nur über, sondern auch unter dem Schlitten auf festen Bahnen, und die zur Seite der obern wie der untern Kettentrommel angebrachten schrägen Schienen schoben die beiden Kettenstränge, falls sie sich von einander etwas entfernt haben sollten, immer wieder zusammen. Dazu kam noch, dafs sehr bald in den Dielen, welche die Bahnen bildeten, etwas vertiefte Rinnen sich einschliffen, welche gleichfalls das Ausweichen der Kettenstränge verhinderten. In dieser Weise wurden die Baggerarbeiten mehrere Jahr hindurch bis zu meinem Abgang fortgesetzt und ein Lösen der Kette trat dabei niemals ein. Es mufs aber noch darauf hingewiesen werden, dafs bei der scharfen Spannung der Kette die Eimer den Boden nicht früher berührten, als bis sie auf der untern Trommel lagen, und dafs von dieser die Kette auf beiden Seiten durch vortretende Schienen scharf zusammengedrückt wurde.

Die Eimer, welche in früherer Zeit bei diesen Baggern aus Kupferblech bestanden, wurden, um ihnen eine gröfsere Steifigkeit zu geben, später sämmtlich aus Eisenblech angefertigt.

Digitized by Google

Ihre Länge, oder ihre Höhe (in derjenigen Stellung betrachtet, die der Eimer annimmt, wenn er so eben sich gefüllt hat) mafs 17 Zoll, ihre untere Breite $9^1/_2$ Zoll und in der Mündung $12^1/_2$ Zoll, ihre Weite dagegen oder der gröfste Abstand der Blechwand von der Bohle, woran die Bleche genagelt waren, unten 10 Zoll und in der Mündung $16^1/_2$ Zoll. Die Eimer waren sonach in beiden Richtungen nach der Mündung stark erweitert und schütteten gemeinhin ihren Inhalt schnell und vollständig aus. Nichts desto weniger geschah dieses zuweilen doch nicht rechtzeitig, nämlich, wenn stellenweise der Sand durch Schlamm sehr fest gebunden war. In diesem Fall mufste ein Arbeiter mit einem schweren hölzernen Hammer auf jeden Eimer aufschlagen, und zwar sobald der Eimer sich abwärts zu neigen anfing. Der Boden, auf dem der Inhalt des Eimers herabgleitet, war ganz eben, und es traten daraus weder vorragende Ränder noch Bolzen oder Schraubenmuttern vor.

Die Zusammensetzung der Eimer war von der bei Dampf-Baggern üblichen vorzugsweise insofern abweichend, als der Boden nicht aus Eisen, sondern aus Holz, nämlich aus einer eichenen Bohle bestand, die sich sowohl vorn wie hinten über den Eimer hinaus verlängerte, wie Fig. 207 *b* und *c* zeigt. Die andern Seitenwände des Eimers wurden aus einem Blechstück über einem Formklotz gebogen. Auf dem letztern formte man auch ein zweites Blechstück, welches den Hintertheil bildete und mit umgebogenen Rändern versehn war. Diese wurden an das erstere angenietet. Eine starke und breite Schiene wurde demnächst von aufsen über die Mittellinie des Eimers gelegt, an denselben angenietet und zugleich an die erwähnte Bohle oder die Rückwand genagelt. Endlich wurde eine starke und zugeschärfte Schiene noch rings um die Mündung des Eimers genietet.

Die Befestigung der Eimer an die Kette war überaus einfach, auch leicht zu lösen, aber dennoch vollkommen sicher. Wie Fig. 207 *b* und *c* zeigt, waren zwei Haken in die untere Seite der Bohle eingelassen. Diese griffen über eine Kettenachse, während auf die nächst folgende Achse ein langer eiserner Ring aufgezogen war. Dieser griff durch einen passenden Schlitz am untern Ende der Bohle, und in die darüber hinaustretende Oeffnung des Ringes wurde ein Keil von Eichenholz eingesetzt und

Digitized by Google

festgetrieben. Wollte man einen Eimer auswechseln, so brauchte man nur den Keil zurückzuschlagen, worauf sich der Eimer abheben liefs. Der Arbeiter, der neben der obern Kettentrommel stand und die Steine oder das Holz, welches die Eimer aufbrachten, ausheben, oder auch wohl für das rechtzeitige Ausschütten durch Aufschlagen sorgen mufste, war zugleich angewiesen, auf diese Keile aufmerksam zu sein, und so oft es nöthig wäre, sie nachzutreiben, was bei der sehr langsamen Bewegung der Kette immer geschehn konnte, ohne dafs die Maschine angehalten werden durfte. Ein solches Nachtreiben war indessen überaus selten erforderlich und es kam niemals vor, dass ein Keil sich vollständig gelöst hätte und ausgefallen wäre, in welchem Fall der Eimer beim Uebergange über die Trommel gleichfalls hätte herabstürzen müssen.

Die obere Kettentrommel ist ein vierseitiges, die untere dagegen ein fünfseitiges Prisma. Letztere besteht aus einem mit eiserner Achse versehnen eichnen Klotz. An beiden Seiten einer jeden der fünf Kanten sind eiserne Schienen eingelassen und aufgenagelt, auf welche sich die Kettenglieder auflegen. Wenn die Kette mit Rollen versehn ist, so sind für die Rollen die entsprechenden Vertiefungen ausgeschnitten, so dass dieselben beim Aufliegen auf dem Prisma keinen Druck erleiden. Die Trommel ist aufserdem an jeder Seite mit einem aufgetriebenen eisernen Ringe umgeben. Besonders wichtig sind die schräge vortretenden Schienen, welche nicht nur das Abgleiten der Kette verhindern, sondern aufserdem auch die beiden Stränge wieder zusammen schieben, falls dieselben sich entfernt hätten. Fig. 209 und 210 zeigt diese Schienen. Sie befinden sich in der Mitte jeder Seite des Prismas. Da sie jedoch nur gegen das Hirnholz der Trommel genagelt werden konnten, so war zu besorgen, dafs sie leicht dem Seitendruck der Kette nachgeben möchten, wenn sie nicht in noch andrer Weise gestützt würden. Dieses geschieht durch eine andre Schiene, welche je zwei der gegenüberstehenden ersten Schienen mit einander verbindet. Diese Schiene ist mit zwei Oeffnungen an ihren Enden versehn, durch welche jene hindurchgreift, sie ist aber in die Seitenfläche des Primas eingelassen, um das flache Aufliegen der Kettenglieder nicht zu verhindern.

Digitized by Google

Die obere vierseitige Kettentrommel hat genau dieselbe Einrichtung, da sie jedoch zu beiden Seiten sich in der starken Welle fortsetzt, auf der die Baggerleiter aufliegt, so konnten die Schienen, welche die Kettenstränge zusammenhalten, nicht an die Stirnflächen angenagelt, sie mufsten vielmehr in die anschliefsenden Wellen eingelassen werden. Ihre gegenseitige Verbindung mittelst der Querschiene erfolgt in derselben Art, wie bei der untern Trommel, auch sind je zwei Schienen neben jeder Kante des Prismas aufgebracht, um ein sicheres Aufliegen der Kettenglieder zu veranlassen.

Die Baggerleiter besteht aus zwei besonders breiten Halbhölzern, die durch drei Querriegel an beiden Seiten eines jeden der letztern durch Schraubenbolzen mit einander verbunden sind. Fig. 206 *c* zeigt die Leiter von der Seite, und Fig. 208 sind in *A* die Halbhölzer, und in *B* ein Riegel mit den beiden daneben befindlichen Schraubenbolzen dargestellt. Diese Bolzen verbinden zugleich die seitwärts angebrachten Stützen *D*, welche unter jenen Halbhölzern und zwar parallel zu denselben zwei Kreuzhölzer *E* tragen. Zwischen den letztern bildet sich bei dieser Befestigungsart ein freier Raum, und darin bewegen sich die Eimer beim Niedergang, während die Rollen an den Kettenachsen, oder die Kettenglieder selbst auf den Kreuzhölzern in gleicher Art aufliegen, wie sie beim Aufsteigen auf den Halbhölzern ruhn.

Die beiden Halbhölzer sind oben mit abgerundeten Einschnitten versehn, womit sie die Welle der obern Kettentrommel umfassen. Diese Welle ist an der Stelle, wo das erste Halbholz oder dasjenige aufliegt, welches zunächst am Schiff sich befindet, nur so weit eingeschnitten, dafs sich zu beiden Seiten ein Absatz bildet, der das Verschieben der Leiter verhindert. Der Zapfen am äufsern Ende, der die zweite Wange trägt, hat dagegen nur 9 Zoll Durchmesser. Die Rundungen in beiden Wangen müssen concentrisch sein und an die cylindrischen Theile der Welle, die sie umfassen, sich anschliefsen. In den Seitenwandungen der Einschnitte sind Nuthen angebracht, in diese greifen Federn an Bohlenstücken ein, welche die Einschnitte schliefsen, und endlich werden eiserne Bügel darumgelegt, welche mittelst je zweier durchgezogenen Schraubenbolzen das Ganze fest verbinden. Fig. 209 zeigt das auf den äufsern Zapfen aufgeschobene Bohlenstück, um

Digitized by Google

aber die Nuthen und Feder sichtbar zu machen, ist der Bügel daselbst noch nicht aufgelegt. Auf der linken Seite derselben Figur sieht man den Bügel, sowie auch oben den Schraubenkopf und unten die Mutter des hindurchgezogenen Bolzen. Schliefslich wäre noch zu erwähnen, dafs sowohl in die hölzernen Achsen, als auch in die Pfannen, worin diese sich drehn, eiserne Schienen eingelassen, mit versenkten Nägeln befestigt und sorgfältig abgefeilt sind, um ein starkes Abschleifen zu verhindern, das in den ungeschützten Holzflächen bei dem fortwährend hinzufliefsenden Sand und dem starken Druck schnell eintreten würde.

Aus der untern Trommel tritt an jeder Seite ein Zapfen der hindurchreichenden eisernen Achse hinaus. Diese liegen in eisernen Gabeln, die in Fig. 210 *b* sichtbar sind. Dieselbe Figur zeigt auch, dafs die Halbhölzer oder Wangen der Leiter hier gleichfalls mit Einschnitten versehn, und darin wieder mittelst Feder und Nuthe besondere Holzstücke eingeschoben sind. An letztere sind die erwähnten gabelförmigen Eisen befestigt. Vorrichtungen, wodurch das Ausfallen der Trommelwelle verhindert wird, fehlen hier ganz und sind auch entbehrlich, in sofern die beiden Kettenstränge dieses nicht zulassen. Dagegen ist noch dafür gesorgt, dafs der Kette die erforderliche Spannung gegeben werden kann. Dieses geschieht, wie die Figur gleichfalls andeutet, durch Einsetzen von passenden Holzkeilen in die hintern Enden der Einschnitte.

Das obere Ende der Baggerleiter liegt sonach auf der Achse der obern Kettentrommel, und wird durch dieselbe sicher gehalten. Ihr unteres Ende hängt dagegen an einem 5 Fufs hohen und $1^1/_2$ Zoll starken eisernen Bügel, der wie Fig. 206 *c* zeigt, an beide Wangen der Leiter und zwar an der Stelle befestigt ist, wo diese durch den letzten Riegel mit einander verbunden sind. Durch diesen Bügel wird die Leiter, so oft es nöthig ist, gehoben oder gesenkt, und hierzu dient eine eigenthümliche mechanische Vorrichtung, die in sofern sie sehr leicht darzustellen ist, in früherer Zeit nicht ungewöhnlich war. Das Tau, welches an jenen Bügel befestigt ist, windet sich nämlich, wie die Figuren 206 *a*, *b* und *c* zeigen, um eine über Bord tretende Welle, und an derselben befindet sich über dem Rand des Baggerschiffs eine aus zwei hölzernen Scheiben und aus darüber genagelten

Digitized by Google

Latten zusammengesetzte Trommel von 3 Fuſs Durchmesser. Um dieselbe ist ein zweites Tau geschlungen, dessen andres Ende über eine kleine 9 Zoll im Durchmesser haltende Winde gezogen ist. Diese Winde ist mit einem Pall oder einem Sperrkegel versehn und wird mittelst je zweier Hebel oder Handspaken gedreht. Die Löcher, in welche man letztere einsetzt, sind in Fig. 206 *b* sichtbar. Diese Winde wird jedesmal um einen Quadrant gedreht, worauf das Pall einfällt, und die Spaken ausgezogen und in die folgenden Löcher gestellt werden können.

Die beschriebene Befestigung der Leiter würde nicht verhindern, dafs sie bei der Seitenbewegung des Baggers bedeutend hinter demselben zurückbliebe, wobei entweder sie selbst, oder auch die Welle, auf der sie aufliegt, leiden müfste. Sie mufs daher noch in andrer Weise gehalten werden. Dieses geschieht eines Theils durch das auf die Wand des Baggerschiffs befestigte Halbholz *F*, welches Fig. 206 *c* zeigt. Sie lehnt sich gegen dieses, sobald der Bagger sie vor sich hinschiebt. Damit sie sich aber von demselben nicht entfernt, während er sie hinter sich herzieht, so ist an derselben Stelle, wo der Bügel die Leiter hält, in deren oberem Wagenstück ein Ring angebracht. Ein in diesen gestecktes Tau wird aber an einen Poller am entgegengesetzten Ende des Baggers, neben der Rampe, die nach dem Pferdestalle führt, befestigt. Hierdurch gewinnt die Leiter eine sehr sichere Führung, so dafs sie den Seitenbewegungen des Baggers vollständig folgt.

Endlich wäre noch zu erwähnen, in welcher Art der Bagger durch die Anker gehalten und wie er bewegt wird. Das Tau *G* des Hauptankers (Fig. 206 *b*), um welchen der Bagger hin und her sich in Kreisbogen bewegt, ist möglichst nahe an die Baggerleiter geführt. Es ist um eine kleine Winde, ähnlich der so eben beschriebenen, geschlungen, die durch Handspaken gedreht wird. Nach jedem Schlag oder nach jeder Seitenbewegung wird diese Winde, gewöhnlich um 3 Quadranten, umgedreht. Das hintere Ende des Taus wird dabei durch einen Arbeiter steif angeholt, um die nöthige Reibung auf der Winde darzustellen, und nachdem das Tau in angemefsner Weise verkürzt ist, so wird das Ende an den dahinterstehenden Pfosten befestigt.

Um den Bagger nach der einen und der andern Seite zu bewegen, dient das Tau *H I*, dessen beide Enden an Anker an-

Digitized by Google

gesteckt sind. Einige Windungen desselben sind um eine stehende Winde *L* geschlungen, und jenachdem diese nach der einen oder der andern Seite gedreht wird, so macht der Bagger dieselbe Seitenbewegung. Die Arbeiter, welche den Prahm führen und auskarren, sind während der Füllung desselben ohne sonstige Beschäftigung, und drehn daher diese Winde, und zwar schneller oder langsamer, jenachdem die Eimer mehr oder weniger sich füllen. Endlich ist bei *K* noch das Tau eines vierten Ankers leicht befestigt, welches gemeinhin lose ist, und nur angezogen wird, sobald das Tau des Hauptankers schlaff werden sollte, und dieses geschieht, so oft man eine tiefere Stelle erreicht, welche von den Eimern nicht berührt wird.

Zu diesen Baggern gehörten auch mehrere sogenannte Kratzer, die statt der Eimer auf die Kette befestigt werden konnten. Dieselben bestanden jedesmal aus fünf starken und vorn zugespitzten Zinken, die durch Querriegel unter sich verbunden waren und einen Korb darstellten, dessen Form mit der der Eimer übereinstimmte. Sie waren auch eben so wie diese auf eichene Bohlen befestigt und wurden in gleicher Weise mit der Kette verbunden. Da sie bei der ununterbrochenen Seitenbewegung des Baggers zum Schutz der Eimer nichts beitrugen, und alles Material, welches sie lösten, sofern nicht vielleicht zufällig ein Stein gefafst wurde, hindurchfiel, so habe ich von denselben niemals Gebrauch gemacht.

Die Baggerprahme oder Modderprahme, die das gehobene Material aufnahmen, waren so lang, dafs ihre Querachse n die Mittellinie der Eimerleiter fiel, wenn sie in der Nische des Baggers lagen. Fig. 192 *a* deutet die gegenseitige Stellung beider an. Wenn dabei der herabstürzende Baggerschlick den Prahm in sofern auch immer gleichmäfsig belastete, dafs derselbe auf beiden Langseiten immer gleich tief eintauchte, so fand diese Gleichmäfsigkeit doch keineswegs in Bezug auf seine Längenachse statt. Diejenige Seite, über der die Eimer sich entleeren, wurde stärker, als die andre belastet. Der Prahm mufste also, nachdem er einen Theil der Ladung eingenommen hatte, umgedreht werden. Neben ihm befand sich eine Leiter. Auf dieser stieg ein Arbeiter herab, löste die beiden Fangleinen, die an Ringe in den beiden vorspringenden Ecken des Baggers befestigt waren, behielt jedoch diejenige, die ihn mit der Ecke *K* (Fig. 206 *b*) in Verbindung

Digitized by Google

setzte, in der Hand, um ein Forttreiben des Prahms zu verhindern. Alsdann wurde der gegenüber liegende Theil des Prahms, der vor den Bagger vortrat, von den Arbeitern auf dem letztern mit Bootshaken gefafst und fortgestofsen, worauf der Prahm sehr schnell die drehende Bewegung machte. Der darin befindliche Arbeiter ging mit der Fangleine an das andre Ende des Prahms, welches sich nunmehr an die Ecke *K* anlehnte, und indem vom Bagger aus die Bewegung mittelst der Bootshaken unterstützt wurde, nahm der Pram die der frühern entgegengesetzte Stellung ein, und wurde durch die beiden Fangleinen wieder befestigt, worauf nach einer Unterbrechung von kaum 2 Minuten die Maschine wieder in Gang gesetzt werden konnte.

Die Prahme, deren Beschreibung im Folgenden gegeben werden soll, waren nicht mit Bodenklappen versehn, die Ladung wurde auch nicht verstürzt, sondern mufste ausgekarrt werden, und da Letzteres durch dieselben Arbeiter geschah, welche die Prahme mittelst Schiebstangen oder an Leinen nach dem Löschplatze schoben oder zogen, so mufste jeder Prahm mit vier Mann besetzt werden. Diese Leute arbeiteten auf Accord und wurden für jeden Prahm bezahlt, der 2 Schachtruthen Sand aufnahm, wenn er bis zu den deutlich markirten Strichen eintauchte. Während des Beladens mufste diese Mannschaft das Spill *L* drehn, um dem Bagger die Seitenbewegung zu ertheilen, auch beim Anholen des Hauptankertaus *G* behülflich sein. Sie traten gleichfalls hinzu, sobald die Anker verlegt oder sonstige Aenderungen im Baggern vorgenommen werden mufsten, doch wurden diese Arbeiten besonders bezahlt. Auf dem Bagger befinden sich noch aufser dem Treiber, den der Eigenthümer der vier Pferde stellte, zwei Mann, von denen einer, der Baggermeister, kleinere Reparaturen selbst ausführte und den Betrieb beaufsichtigte. Der andre stand neben der obern Kettentrommel und mufste auf die vorkommenden Eimer aufmerksam sein, um sowohl Steine und Holz herauszunehmen, wie auch, so oft es nöthig war, die Keile anzutreiben, oder durch Aufschlagen mit dem Hammer die Eimer zu entleeren.

Was die Leistungen des Baggers betrifft, so fafste der Eimer, der gewöhnlich nicht nur ganz gefüllt, sondern sogar überhäuft oder mit einem Kopf versehn war, etwa $1^1/_2$ Cubikfufs.

Digitized by Google

Indem die Kette aber, wie erwähnt, sich mit der Geschwindigkeit von 0,35 Fufs bewegte, und die Eimer 3 Fufs von einander entfernt waren, so entleerte sich in der Periode von 8,6 Secunden ein Eimer, also in der Stunde 419 Eimer, die sonach 4,4 Schachtruthen heben sollten. Dieses Resultat ist auch in der That erreicht worden, denn mit Einschlufs der Zwischenzeiten beim Abschieben und Verlegen der Prahme und beim Umdrehn derselben stellte sich der Effect durchschnittlich auf 3,26 Schachtruthen in der Stunde, und zwar wenn wie gewöhnlich auf 12 Fufs Tiefe gebaggert wurde. Jedes der keineswegs besonders starken Pferde hob daher in der Stunde 0,815 Schachtruthen und dieses ist mehr, als die meisten unserer Dampf-Bagger mit jeder Pferdekraft leisten. Ich mufs aber noch erwähnen, dafs der ganze Betrieb mit grofser Regelmäfsigkeit erfolgte, und namentlich die Eimer immer gehörig gefüllt heraufkamen. Vorzugsweise rührte dieses wohl davon her, dafs das Spill, welches die Seitenbewegung vermittelte, mit Menschen besetzt war, die auf den Zuruf des Aufsehers dasselbe schneller oder langsamer bewegten, doch konnten sie schon aus dem Widerstande, den dieses erfuhr, entnehmen, ob die Eimer tiefer oder flacher einschnitten. Die Baggerleiter wurde nur selten gehoben, sie blieb vielmehr unverändert während der Arbeit stehn. Es bildete sich daher die Oberfläche der Untiefe sehr eben und horizontal aus, und wenn demnächst eine zweite etwa 1 Fufs starke Schicht mit der entsprechend gesenkten Leiter abgehoben wurde, so war der Widerstand, den der Bagger fand, schon sehr constant geworden, und die Ausebnung war alsdann noch vollständiger, als beim ersten Uebergang über die Fläche.

Mit diesen Baggern stimmen in der Anordnung und Zusammensetzung der wesentlichsten Theile sehr nahe überein die Hand-Bagger, welche auf den Flüssen und Canälen in der Umgegend von Berlin vielfach Anwendung gefunden haben und auch noch im Gebrauch sind. Man nennt sie nach ihrem Erfinder die Schwahnschen Bagger.*) Sie arbeiten meist nur in der Tiefe von 3 bis 5 Fufs und zwar im ruhigen Wasser, woher sie ziemlich

*) Anleitung zum Bau der Flufs-Baggermaschinen von Schwahn. Berlin 1832.

Digitized by Google

leicht construirt sind. Die flachen Fahrzeuge, worauf man sie stellt, sind mit einem Schlitz versehn, worin die Eimerleiter liegt, die das Material in den angehängten Prahm wirft, ähnlich wie Fig. 205 *b* angegeben, doch wird der Prahm, um das Fahrwasser weniger zu beschränken, mit seiner schmalen Seite an das Baggerschiff gelegt, woher die obere Trommel theils etwas gehoben, und theils auch darunter eine Rinne angebracht werden mufs. Vielfach wird die Maschine bei gleicher Anordnung auch auf zwei gewöhnliche Handkähne gestellt.

Die Eimerleiter stimmt mit der vorstehend beschriebenen überein. Nicht nur die aufsteigenden gefüllten, sondern auch die leer herabgehenden Eimer bewegen sich auf festen Bahnen und die Eimerkette ist scharf gespannt. Ebenso ist auch die Zusammensetzung der Eimer und ihre Befestigung auf der Kette sehr nahe dieselbe. Dagegen mufs die abweichende Anordnung der beiden Achsen, um welche die obere Trommel und die Leiter sich drehn, erwähnt werden. Dieselben sind hier nicht verbunden, und sonach wird die Drehung der Trommel nicht durch die Reibung erschwert, welche das Gewicht der Leiter veranlafst, wenn diese, wie sonst geschieht, auf derselben Achse aufliegt. Bei dieser Trennung mufste aber noch die Bedingung erfüllt werden, dafs die Curbelachse, durch welche die Trommel in Bewegung gesetzt wird, ganz unabhängig von der Neigung der Leiter immer in gleicher Höhe bleibt, nämlich in derjenigen, die für das Drehn der Curbeln die bequemste ist.

Zu diesem Zweck ist die auf beiden Seiten des Schlitzes aufliegende starke eiserne Welle, welche die Leiter trägt, der Länge nach durchbohrt, und in diese Oeffnung sind Pfannen eingeschoben, welche die zweite Achse umfassen. Letztere ist an beiden Seiten mit Curbeln versehn, die gewöhnlich von vier Mann gedreht werden. Diese Achse trägt aber noch ein kleines Getriebe, das in ein gezahntes Rad an der Welle der obern Trommel eingreift. Diese Welle ist an die Leiter befestigt, und man bemerkt leicht, dafs das Getriebe immer in gleicher Weise in das Rad eingreift, welche Neigung die Leiter auch annehmen mag.

Bei Beschreibung dieser Maschine giebt Schwahn noch an, in welcher Weise zum Betrieb derselben Pferde benutzt werden können, doch ist mir nicht bekannt, dafs dieses jemals geschehn

Digitized by Google

sei. Dagegen hat man in neuster Zeit zuweilen Locomobilen auf das Fahrzeug gestellt und die Maschinen durch Dampf in Bewegung gesetzt.

Wesentlich verschieden hiervon sind die Moddermühlen, die seit langer Zeit in Holland in Gebrauch sind, auch wohl anderweitig noch benutzt werden. Sie unterscheiden sich von allen bisher erwähnten Baggern dadurch, dafs der zu hebende Grund nicht in Löffeln oder Eimern geschöpft, sondern in einer schrägen Rinne mittelst eines Schaufelwerks bis über Wasser und in einen Prahm geschoben wird. Diese Anordnung ist zwar insofern vortheilhaft, als die grofse Hubhöhe vermieden und die Erde nur so eben bis über Bord des Baggerprahms gebracht werden darf. Dagegen leidet es keinen Zweifel, dafs dabei die Reibung viel gröfser, als in jeder andern Baggermaschine ist. Die Moddermühle kann daher nur in sehr fettem und nicht fest abgelagertem Thonboden benutzt werden, also in denjenigen Niederschlägen, welche den Marschboden bilden. Kommt darin Sand vor, so versagt die Maschine den Dienst, wogegen sie, wie ich mehrfach bemerkt habe, in einem Boden von der erwähnten Beschaffenheit bedeutende Resultate giebt. Die folgende Beschreibung ist aus dem bekannten Holländischen Mühlenbuch *) entnommen, sie ist aber keineswegs veraltet, vielmehr bezeichnet sie noch sehr genau die wesentliche Einrichtung der neuern Maschinen dieser Art.

An zwei neben einander liegende Ketten sind Schaufeln befestigt, welche in einer Rinne sich aufwärts bewegen und dabei die abgeschnittene Erde vor sich herschieben. Diese Rinne in Verbindung mit der Bahn, auf welcher die andere Hälfte der Kette herabgleitet, bildet wieder den Baggerschlitten oder die Baggerleiter, welche in gleicher Weise, wie bei dem beschriebenen Pferde-Bagger, auch die untere Kettentrommel trägt und auf der Achse der obern Trommel aufliegt. Die Leiter hängt an ihrem untern Ende an zwei Ketten, die mittelst Flaschenzügen durch ein grofses Spillrad angezogen oder nachgelassen werden, wodurch die Rinne mehr oder minder tief in den Grund ein-

*) Groot volkomen Moolenboek, door v. Natrus, Polly en v. Vuuren. Amsterdam 1734.

Digitized by Google

schneidet. Die Leiter befindet sich in einem Schlitz des Baggerschiffs, der so lang ist, wie sie selbst, damit sie vollständig aus dem Wasser gehoben werden kann. Die obere Trommel liegt aber noch über dem Fahrzeuge, etwa 5 Fufs von dem hintern Ende desselben entfernt, so dafs der Schlitz an beiden Seiten geschlossen ist, wodurch das Fahrzeug eine festere Verbindung erhält. Eine flache Rinne führt das gehobene Material von der obern Trommel bis über Bord in den an der schmalen Seite des Baggerschiffs liegenden Prahm, und die Bewegung der herbeigeführten Erdmassen setzt sich auch durch diese Rinne fort, indem die folgenden Schaufeln die in der Rinne liegende Erde noch vor sich herschieben.

Die Kette mit den Schaufeln ist Fig. 218 im Durchschnitt gezeichnet. An jedes Kettenglied ist eine eiserne Stütze und eine Strebe angeschmiedet und an jede Stütze lehnt sich ein kurzer hölzerner Stiel, der die eigentliche Schaufel unterstützt. Letztere greift über die beiden Kettenstränge hinüber nnd ist 2 Fufs breit und $1^1/_2$ Fufs hoch. Um den Abstand der beiden Kettenstränge unverändert zu erhalten, und um zugleich ein sicheres Eingreifen des obern Prismas in die Kette zu ermöglichen, ist noch ein Querstück hinter die beiden Stützen gelegt und soweit eingeschnitten, dafs die hölzernen Stiele sich dagegen lehnen. Zwei Schraubenbolzen greifen durch die sämmtlichen erwähnten Verbandstücke, so wie auch durch die eisernen Stützen hindurch, zwei andre verbinden nur die eisernen Stützen mit den Stielen und der Schaufel, und endlich werden zu demselben Zweck am äufsern Ende der Stützen noch Nägel eingetrieben, deren Spitzen auf der Schaufel umgeschlagen sind.

Beide Prismen, um welche die Kette geschlungen ist, sind sechseckig, und zwar sind sie in gleicher Weise construirt, wenn auch bei dem untern, welches die Figur zeigt, die Anbringung von Einschnitten, in welche die Querhölzer eingreifen, entbehrlich gewesen wäre. Sie sind, wie die Figur andeutet, nur in ihren Kanten und zwar durch Latten dargestellt, auf welche die Ketten sich auflegen. Die Querhölzer greifen dagegen über die beiden Seitenböden hinaus und in letztere sind die erwähnten zahnartigen Vertiefungen eingeschnitten, womit die obere Trommel die Kette fafst und ihr die Bewegung mittheilt.

Digitized by Google

Die Rinne, welche sich an der untern Seite der Baggerleiter befindet, und worin die abgeschnittene Erde aufwärts geschoben wird, besteht aus einem Boden und zwei Seitenwänden, die gehörig gedichtet sind, während der Boden am untern Ende noch mit einer eisernen Schneide versehn ist, wie die Figur zeigt. Die leere Kette läuft auf der obern Seite der Leiter gleichfalls über ein Bodenstück und zwischen Seitenwänden zurück, doch sind weite Fugen dazwischen geöffnet, damit die an den Ketten und Schaufeln etwa noch haftende Erde hindurchfallen kann und keine Reibung veranlafst.

Dieser Bagger wirkt in der Art, dafs einerseits das obere Prisma gedreht und dadurch die Schaufelkette in der untern Rinne aufwärts geschoben wird, andrerseits aber bewegt sich der ganze Bagger in einer Richtung, welche derjenigen der Schaufeln in der untern Rinne entgegengesetzt ist. Hierdurch schneidet das zugeschärfte Ende der Rinne fortwährend in den Grund ein und führt den Schaufeln schon die Erdmasse zu, welche diese demnächst fassen und bis zum obern Prisma und sogar über dieses hinaus durch die abfallende Rinne bis in den Prahm schieben. Bei etwas festerem Thonboden, in welchem die Maschine schon mühsam arbeitet, sieht man prismatische Klumpen, als wären sie in Formen abgestrichen, in den Prahm fallen. Der Betrieb ist jedoch am regelmäfsigsten, wenn ein dickflüssiger Schlamm ausgehoben wird.

Die Dimensionen und die ganze Einrichtung der Moddermühle sind nach den Zeichnungen im Mühlenbuche folgende. Das prahmartige Fahrzeug ist 60 Fufs lang und 18 Fufs breit. An demjenigen Ende desselben, welches während des Betriebes das vordere ist, befindet sich der Göpel, dessen Bahn sowohl über die vordere, wie auch über die Seitenwände etwas hinüberreicht. Der äufsere Durchmesser dieser Bahn ist 19 Fufs. Dieselbe ist rings mit hölzernen Wänden umgeben und schliefst sich an der linken Seite des Schiffs an die Pferdeställe an, die gleichfalls sich auf Deck befinden und mit Wänden umgeben und überdacht sind. Unmittelbar neben der Bahn beginnt der $3\frac{1}{2}$ Fufs breite und im Boden des Schiffs 25 Fufs lange Schlitz, worin die Baggerleiter liegt. In dem Deck setzt dieser Schlitz sich bis auf 5 Fufs vom Ende des Schiffs fort, seine Länge mifst in dieser Höhe 33 Fufs.

Digitized by Google

Die feste, nach hinten abfallende Rinne ist 6 Fuſs lang und reicht etwas über Bord. An sie schlieſst sich eine kurze bewegliche Rinne an, die man aufhebt, sobald ein leerer Prahm darunter geschoben wird. Diese sämmtlichen Rinnen befinden sich nicht in der Mittellinie des Fahrzeugs, sondern etwas näher der rechten Seite.

Die Welle des Göpels trägt unter Deck ein Stirnrad. Dieses greift in ein aufrecht stehendes Getriebe, das die Kämme eines Kammrades an einer horizontalen Welle faſst. Die letzte Welle erstreckt sich unter dem Pferdestall fort, bis an das hintere Ende des Fahrzeugs. Hier trägt sie ein zweites Kammrad, das in ein aufrecht stehendes Getriebe greift. Letzteres ist mit einem kleinern Getriebe verbunden und dieses setzt endlich das Kammrad an der Achse des obern Kettenprismas in Bewegung. In dem Mühlenbuch sind die Zahlen der Kämme und Triebstöcke groſsentheils eingeschrieben, nur bei einem Kammrad fehlt diese Angabe. Wenn letztere aus der Zeichnung entnommen wird, so ergiebt sich, daſs bei einer Umdrehung des Göpels die obere Kettentrommel 0,41 Umdrehung macht. Nehme ich an, daſs die Pferde in einem Kreise von $17\frac{1}{2}$ Fuſs Durchmesser mit der Geschwindigkeit von 3 Fuſs gehn, so ergiebt sich, daſs die Trommel in 45 Secunden sich einmal umdreht. Sie faſst dabei 6 Kettenglieder von 2 Fuſs Länge, die Geschwindigkeit, mit der sich die Kette in der Rinne bewegt, ist daher 3,2 Zoll in der Secunde.

Was die Bewegung des Fahrzeugs betrifft, so erfolgt dieselbe gleichfalls durch die Maschine. Die Göpelwelle ist nämlich noch mit einem Getriebe versehn, das in ein Stirnrad einer aufrechtstehenden Winde eingreift. Letztere dreht sich 0,29 mal, während der Göpel eine Umdrehung macht, und da ihr Durchmesser in der Mittellinie des umgeschlungenen Taues ungefähr $2\frac{1}{2}$ Fuſs miſst, so werden bei jedem Umgang des Göpels sehr nahe 2 Fuſs Tau eingezogen, oder das ganze Fahrzeug bewegt sich mit der Geschwindigkeit von $1\frac{1}{8}$ Zoll, oder ein Erdprisma von dieser Länge wird in jeder Secunde den Schaufeln zugeführt.

Endlich befindet sich auf dem Fahrzeug noch ein 16 Fuſs hohes Spillrad, mittelst dessen die Taue der Flaschenzüge, woran der Schlitten hängt, angewunden oder nachgelassen werden. Storm Buysing sagt, man lasse nach Maaſsgabe der gröſsern oder minderen Festigkeit des Bodens die Rinne 4 bis 6 Zoll tief ein-

Digitized by Google

schneiden, die Angabe, die derselbe über die Leistungsfähigkeit der Maschine macht, ist aber wohl zu grofs.

Auf dem Bagger befinden sich gewöhnlich fünf Pferde, von denen während des eigentlichen Betriebs nur vier angespannt werden. Nachdem eine vertiefte Furche durch die zu beseitigende Fläche eingeschnitten ist, hebt man den Schlitten, stellt die Baggermaschine aus und schlingt das in der entgegengesetzten Richtung ausgebrachte Ankertau um dieselbe Winde, durch die das Fahrzeug vorgezogen wurde. Gleichzeitig spannt man das fünfte Pferd an den Göpel und dieses bringt den Bagger wieder an den Anfangspunkt der Fläche. Die übrigen Pferde haben in dieser Zeit Ruhe und werden darauf aufs Neue in den Göpel gespannt, um eine zweite Furche unmittelbar neben der ersten einzuschneiden.

In neuerer Zeit wird dieselbe Maschine auch durch Dampf in Bewegung gesetzt. Namentlich ist dieses in der Geeste geschehn, wo zwei grofse Bagger dieser Art die Eingänge zu dem neuen Hafen Geestemünde und zum alten Dock von Bremerhaven vertieften.

§ 80.

Dampfbetrieb bei geneigter Eimerkette.

Die gröfsern Bagger, also namentlich auch die Dampf-Bagger mit geneigter Eimerkette sind unter sich sowohl in der ganzen Anordnung, wie auch in den Einzelheiten sehr verschieden. Zum Theil wird im Folgenden hierauf hingewiesen werden, doch empfiehlt es sich gewifs, zunächst einen Bagger dieser Art, der schon durch längern Gebrauch sich bewährt hat, eingehend zu beschreiben.

Ich wähle hierzu denjenigen Bagger, der 1860 und 1861 zur Verbreitung der Oder unterhalb Stettin erbaut wurde, und der den Namen Greif führt. Bei Aufstellung des Projects wurden nicht nur die an den zahlreichen inländischen gröfsern Baggern gemachten Erfahrungen benutzt, sondern es gelang mir dabei auch, diejenigen Einrichtungen einzuführen, welche in Frankreich bereits allgemein Eingang gefunden hatten. Hieher gehört namentlich die Verlegung der Eimerleiter in die Mittellinie des Schiffs

Digitized by Google

und die Anbringung zweier Rinnen unter der obern Kettentrommel, wodurch das gehobene Material abwechselnd nach der einen und der andern Seite ausgeschüttet wird. Aufserdem wurden auch in Betreff der erforderlichen Neigung der Rinnen für den hier zu fördernden Boden besondere Versuche angestellt. Die Ausführung sowohl des eisernen Baggerschiffs, als auch der Maschinen erfolgte auf dem Werfte von Möller und Holberg zu Grabow bei Stettin, und bei der Sorgsamkeit der Fabrikherrn unter Mitwirkung der betreffenden Baubeamten und namentlich des sehr erfahrnen Baggerinspectors Alverdes gelang es, einen Bagger darzustellen, der nicht nur sich vollständig bewährt hat, sondern dessen Leistungen auch vergleichungsweise zur Kraft der Dampfmaschinen und zum Kohlenverbrauch, also zu den Betriebskosten, die der älteren Dampf-Baggermaschinen bedeutend übertroffen haben.

Fig. 211 zeigt den Bagger in der Ansicht von oben. Auf der linken Seite unten ist dabei das Verdeck entfernt, so dafs man den halben Dampfkessel und die im Raum aufgestellten Maschinen sieht. Fig. 212 ist ein Längendurchschnitt durch die Mittellinie des Schiffs, Fig. 214 ein Querdurchschnitt desselben durch die Mittellinie der Rinnen, welche den geförderten Boden nach beiden Seiten ausschütten, und Fig. 215 die Ansicht von vorn.

Das Schiff ist 80 Fufs lang, 23 Fufs breit und 10 Fufs hoch. Vollständig ausgerüstet taucht es 4 Fufs tief ins Wasser. Das Ruder befindet sich dem Schlitz gegenüber, da der Hauptanker in derjenigen Richtung ausgebracht werden mufs, in welcher die Eimer in den Boden einschneiden. Das grofse Spill steht daher über dem Schlitz, oder an der vordern Seite.

Der flache Boden des Schiffs besteht aus $^3/_8$ Zoll starken Eisenplatten, die Kimmungsplatten und die übrigen Platten der Seitenwände, soweit diese unter Wasser liegen, sind $^5/_{16}$ Zoll stark, über Wasser dagegen $^1/_4$ Zoll. Dieselbe Stärke haben auch die Balkweger und die Platten zur Verstärkung des Bodens oder die Kolsums. An letztere sind Eckeisen von 2 und 2 Zoll Breite und $^5/_{16}$ Zoll Stärke angenietet. Die Spanten bestehn aus Eckeisen von 3 und 2 Zoll Breite und $^5/_{16}$ Zoll Stärke, die Verdeckbalken dagegen aus Eckeisen von 4 und 3 Zoll Breite und $^3/_8$ Zoll Stärke. Das Deck selbst ist aus $2^1/_2$ zölligen kiefernen Kron-

Digitized by Google

planken von 5 Zoll Breite gebildet, während eichene 3 zöllige Planken zum Schandeck verwendet sind.

Die Baggerrüstung, welche die obere Kettentrommel, sowie auch die daselbst befindlichen Räder trägt, die derselben die Bewegung mittheilen, besteht aus Ständern von $^3/_8$ zölligen Platten, verstärkt durch Eckeisen von $2^1/_2$ und $2^1/_2$ Zoll Breite und $^1/_2$ Zoll Dicke.

Die beiden Flügel des Schiffs zur Seite des Schlitzes, in welchem die Baggerleiter liegt, sind in gleicher Weise construirt. Bei ihrer Breite von 9 Fufs war es möglich, ihnen die nöthige Steifigkeit zu geben, so dafs ihre gegenseitige Stellung gesichert ist. Sie sind aber auch an ihren Enden unter sich verbunden durch die Rüstung *A* (Fig. 212 und 215), an welche der obere Kloben des Flaschenzuges befestigt ist, womit die Baggerleiter aufgewunden wird, und die überdiefs die Palle oder Sperrkegel hält, die in das grofse Spill für das Ankertau eingreifen. Diese Rüstung besteht aus gewalzten Eisenplatten von $^3/_8$ Zoll Stärke und is durch Eckeisen von $2^1/_2$ und $2^1/_2$ Zoll Breite und $^1/_2$ Zoll Stärke abgesteift. Aufserdem ist zu gröfserer Sicherheit noch eine zweite, tiefer liegende Verbindung der beiden Vorderwände der Flügel dargestellt, nämlich durch die starke Platte *B* (Fig. 215). Diese würde indessen das Ausheben der Baggerleiter aus dem Wasser verhindern, was doch beim Auf- und Abnehmen der Eimerkette nothwendig ist. Sie ist daher an der einen Seite mit einem starken Charnier versehn, um welches sie sich zurückschlagen läfst, wodurch der Schlitz frei wird. Wenn sie die in der Figur angegebene Stellung einnimmt, was während des Baggerns geschieht, so greift sie mit den in ihr befindlichen Löchern über vortretende Bolzen, und wird gegen letztere mittelst starker keilförmiger Splinte befestigt.

Der Betrieb des Baggers erfolgt durch zwei Mitteldruckmaschinen von je 12 Pferdekräften mit gemeinschaftlichem Condensator, Luftpumpe, Speise- und Lenzpumpe. Die Cylinder haben 20 Zoll Durchmesser, der Kolbenhub mifst 36 Zoll. Zur Seite des Kessels befindet sich noch eine besondere Dampfpumpe zum Speisen des Kessels, von der man Gebrauch macht, wenn die gewöhnlichen Speisepumpen ihren Dienst versagen sollten, oder die Dampfmaschine zufällig lange stillstehen müfste.

Digitized by Google

Der Kessel ist ein Röhrenkessel von $8\frac{1}{2}$ Fuſs Länge und 7 Fuſs Durchmesser. Darin befinden sich zwei Röhren neben einander von $2\frac{1}{2}$ Fuſs Durchmesser, worin die Feuerungen angebracht sind, und aufserdem 112 Feuerröhren von 3 Zoll Durchmesser, welche die brennenden Gase durch das im Kessel befindliche Wasser nach dem Schornstein leiten. Die Spannung des Dampfes im Kessel während des Betriebs ist auf 20 Pfund Ueberdruck normirt. Die vom Feuer berührte Fläche des Kessels mifst 712 Quadratfuſs.

In die Kolbenstangen, die lothrecht geführt werden, wie Fig. 214 zeigt, greifen die Leitstangen *C* ein, welche nahe unter der Verdachung der Rüstung mit den Curbeln an den beiden auf derselben Achse befestigten Schwungrädern *D* verbunden sind. Letztere werden also unmittelbar durch die Dampfmaschine getrieben. Indem jedoch die Leitstangen nahe 19 Fuſs lang sind, so war zu besorgen, daſs sie beim Heben der Curbeln sich verbiegen möchten, wenn ihnen nicht vielleicht eine sehr groſse Stärke gegeben würde. Um letzteres zu vermeiden, bestehn sie in dem gröſsten Theil ihrer Länge nicht aus Stangen, sondern aus Blechröhren. Sie treten durch das Deck hindurch, und zur Sicherung des Verkehrs auf diesem sind die Oeffnungen mit 4 Fuſs hohen Blechcylindern umgeben.

Auf der Achse der beiden Schwungräder und zwar zwischen denselben befindet sich auf der linken Seite ein Stirnrad *E* (Fig. 212), welches in ein zweites von gleicher Gröſse eingreift. Ein Getriebe an dem letzten setzt die Bewegung auf ein an der Achse des obern Kettenprismas befindliches drittes Rad fort. Die Umdrehungsgeschwindigkeit dieses Rades beträgt nur den dritten Theil von der des Rades *E*. Wenn in schwerem Boden die ganze Kraft der Maschine in Anspruch genommen wird, macht dieses Rad $28\frac{1}{2}$ Umdrehungen in der Minute, daher das Prisma oder der obere Turas $9\frac{1}{2}$ Umdrehungen. Letzterer ist vierseitig, und sonach werden in jeder Minute 38 Kettenglieder aufgewunden. Jedes derselben ist $22\frac{1}{2}$ Zoll lang, also durchläuft die Kette in der Minute $71\frac{1}{4}$ Fuſs, oder ihre Geschwindigkeit beträgt 1,19 Fuſs.

Das erwähnte Rad *E*, welches sich auf der Achse des Schwungrades befindet, versieht die Stelle eines Frictionsrades; es ist nämlich so eingerichtet, daſs es sich bei zufälligem

Digitized by Google

grofsem Widerstande löst, also ohnerachtet der Drehung seiner Achse nicht in das zweite Rad eingreift. Die hierzu dienende Anordnung ist nicht die gewöhnliche, es ist dabei nicht auf die Friction Rücksicht genommen, die, wie bereits mitgetheilt, wegen ihrer Veränderlichkeit nicht die nöthige Sicherheit bietet, vielmehr hat man Holzkeile benutzt, die für den gewöhnlichen Betrieb hinreichende Festigkeit haben, die aber durchbrochen werden, sobald der Widerstand der Eimerkette merklich gröfser wird.

Fig. 213 zeigt dieses Rad in gröfserm Maafsstabe und zwar *a* in der Seitenansicht, wobei jedoch theilweise einzelne Verbindungsstücke abgenommen sind. An der rechten Seite derselben Figur sieht man den Durchschnitt durch das Rad und zwar parallel zu seiner Seitenfläche. Fig. 213 *b* ist dagegen ein Querschnitt nach der Linie *A C B*. Das Rad besteht zunächst aus einem mit vier Speichen versehenen gufseisernen Rade, welches mittelst zweier Ansätze an der Nabe zwischen die entsprechenden Ansätze an der Achse eingreift, also mit der letztern fest verbunden ist. Dieses Rad ist cylindrisch abgedreht, jedoch so, dafs es, wie Fig. 213 *b* unten zeigt, einen etwas vortretenden Rand hat. Der Ring, der die Zähne trägt, ist in der innern Fläche cylindrisch ausgedreht und lehnt sich mit einem dem Rand entsprechenden Falz an denselben, wird also durch letztern vor dem Abgleiten nach dieser Seite gesichert. Um ihm auch auf der andern Seite die nöthige Haltung zu geben, werden auf das erste Rad, und zwar neben den vier Speichen, vier übergreifende Eisenplatten aufgeschroben. Eine dieser Platten bemerkt man Fig. 213 *a* oben, an der linken Seite und unten ist sie dagegen abgenommen. Bei dieser Art der Befestigung wird der Zahnkranz zwar auf dem Rade gehalten, so dafs er nicht herabfallen kann, er ist aber mit demselben noch nicht so verbunden, dafs er seine drehende Bewegung annehmen und auf das folgende Rad übertragen kann. Zu diesem Zweck sind unter den erwähnten Platten sowohl in den Zahnkranz, wie in das Rad übereinstimmende Nuthen eingestofsen, und in diese werden jene 1 Zoll starken und 2 Zoll breiten Holzkeile eingetrieben, die bei gröfserm Widerstand brechen und durchschnitten werden. Diese Keile bestehn aus Weifsbuchenholz, und drei derselben übertragen diejenige Kraft, welche zur Ueberwindung der gewöhnlichen Widerstände erforderlich ist. Der

Digitized by Google

Versuch, nur zwei anzuwenden, erwies sich als ungenügend, da diese schon beim ungefährlichen Eingriff der Eimer durchschnitten wurden. Jene drei übertragen dagegen die Bewegung, bis die Eimer durch grofse Steine oder Senkholz festgehalten werden. Wenn die Keile brechen, mufs das Hindernifs in andrer Weise beseitigt, und sie selbst durch andre ersetzt werden.

Die Baggerleiter wird aus einem Rahmen gebildet, der sich aus zwei Blechträgern und einer grofsen Anzahl Riegel und Streben zusammensetzt. Die Träger bestehn aus $^3/_8$ zölligen Platten und sind verstärkt durch Eckeisen von $2^1/_2$ und $2^1/_2$ Zoll Breite und $^1/_2$ Zoll Dicke. Jeder Träger ist in der Mitte 4 Fufs hoch. Die Leiter ist so lang, dafs sie in horizontaler Lage 9 Fufs über das Vorderende des Schiffs hinausreicht. Bei geringer Wassertiefe kann daher der Grund durch den Bagger leicht soweit beseitigt werden, dafs das Fahrzeug die nöthige Tiefe findet. Als eine in die Peene vortretende Ecke Wiesengrundes unterhalb Anclam behufs Darstellung eines sichern Durchgangs der Schiffe durch die Eisenbahnbrücke beseitigt werden sollte, und theils die nöthige Mannschaft zum Abgraben der Wiese nicht schnell genug beschafft werden konnte, theils aber auch der nöthige Raum zum Verkarren der ausgegrabenen Erde nicht leicht zu erwerben war, so unterblieb das Abgraben ganz, und dieser Bagger arbeitete sich unmittelbar in die Wiese hinein. Die Kosten stellten sich schliefslich keineswegs höher, als wenn man wie gewöhnlich die obern Schichten durch Abgraben beseitigt hätte. Auch bei Verbreitung der Oder hat man die schmalen Streifen des Wiesengrundes, welche als Fangedämme die dahinter belegenen durch Handarbeit ausgehobenen Gruben gegen das Eintreten des Wassers sicherten, jederzeit unmittelbar durch den Bagger entfernt.

Die Baggerleiter ruht mit ihrem obern Ende auf der Achse der obern Kettentrommel und lehnt sich an beiden Seiten des Schlitzes gegen eiserne Kreisbogen, von denen einer Fig. 212 sichtbar ist. Ohnfern ihres untern Endes hängt sie an einem starken eisernen Bügel, den man mittelst eines vierscheibigen Flaschenzugs, dessen oberer Kloben am Bock *A* befestigt ist, heben und senken kann. Die Verstellung der Leiter ist nicht nur erforderlich, so oft man in gröfserer Tiefe baggern will, oder der Wasserstand sich ändert, sondern aufserdem auch jedesmal,

Digitized by Google

wenn die Eimer zu tief eingreifen und deshalb zu grofsen Widerstand finden. Das rasche Heben des Schlittens ist alsdann nothwendig und dieses erfolgt durch die Dampfmaschine. Um es augenblicklich veranlassen zu können, und demnächst wieder die Baggerleiter zu senken, ist ein besonderer Arbeiter angestellt, der auf den Wink des Baggermeisters mittelst einer kleinen Winde die betreffenden Bewegungen sogleich veranlafst. Um bei diesen so häufig eintretenden Verstellungen die Tiefe, in der die Eimer einschneiden, immer sicher beurtheilen zu können, wird an das untere Ende der Baggerleiter ein senkrecht stehender Maafsstab befestigt, der sich mit der untern Kettentrommel hebt und senkt, und gegen eine Marke am Vordertheil des Schiffs diese Tiefe leicht erkennen läfst.

Die Vorrichtung zum Heben und Senken der Leiter ist bei diesem Bagger eigenthümlich, und hat sich vollständig bewährt, indem sie jede gröfsere oder kleinere Verstellung augenblicklich sicher ausführen läfst, und dabei die Stöfse vermeidet, welche sonst beim Eingreifen einer Kuppelung nie zu fehlen pflegen. Zugleich ist sie insofern sehr bequem, als dem Anziehn der Kette nicht etwa besondere Operationen zum Ausheben der Sperrhaken oder zum Lösen der Bremse vorangehn dürfen, vielmehr durch das Umdrehn einer leicht beweglichen Winde sowohl die Bremse gelöst, als auch unmittelbar darauf die Verbindung mit der Maschine dargestellt und die Kette angezogen wird. Ein einziger Arbeiter ist sonach im Stande, dieses ohne besondere Anstrengung auszuführen und er kann seine ganze Aufmerksamkeit auf die betreffenden Zurufe oder Winke des Baggermeisters verwenden.

Unter dem Deck des Baggers und zwar neben der Dampfmaschine befindet sich, wie Fig. 211 zeigt, die eiserne Winde mit den eingeschnittenen Gängen, in welche sich die Kette legt, die in den Flaschenzug eingeschoren ist, der den untern Theil der Leiter trägt. Mit dieser Winde ist ein gezahntes Rad verbunden, und in letzteres greift ein Getriebe ein, an dessen Achse und zwar neben der Schiffswand noch ein zweites Rad F von $4^1/_2$ Fufs Durchmesser befestigt ist. Dasselbe hat keine Zähne, ist aber sehr sorgfältig cylindrisch abgedreht. Eben so ist auch ein andres eben so grofses Rad G, das gleichfalls genau cylin-

Digitized by Google

drisch ist, unmittelbar daneben gestellt, und dieses wird von der Dampfmaschine ununterbrochen getrieben. Das Rad *F* kann vor- und zurückgeschoben werden, doch nur in so geringem Maafse, dafs das Lager seiner Achse an dem andern Ende nicht verstellt zu werden braucht, auch bleibt das neben diesem befindliche Getriebe fortwährend im Eingriff in die Zähne des Rades an der Winde. Die Achse ist 7 Fufs lang, und die Seitenbewegung, die man jenem abgedrehten Rade giebt, mifst nur etwa einen halben Zoll. Dieselbe genügt aber schon, um das Rad entweder an der einen Seite gegen den Bremsklotz, oder an der andern Seite gegen die Fläche des von der Maschine getriebenen Rades *G* zu drücken, und dadurch entweder die Winde festzustellen, oder sie durch das letzte Rad so in Bewegung zu setzen, dafs die Leiter gehoben wird.

Fig. 216 zeigt die erwähnten Räder in gröfserm Maafsstab in der Ansicht von der Seite. Man bemerkt darin das grofse gezahnte Rad an der Winde nebst dem Getriebe, welches in dieses eingreift. An die Achse des letztern ist das glatte Rad *F* befestigt, welches sich verschieben läfst. Der Bremsklotz, der letzteres und mit demselben zugleich die Winde feststellt, befindet sich neben dem Achslager der Winde. Auf der andern Seite berührt dieses Rad bei der geringsten Verstellung den Umfang des von der Maschine gedrehten Rades *G*, und wird in Folge der zwischen beiden eintretenden Reibung von demselben in Bewegung gesetzt. Der Uebergang aus der Ruhe in die Bewegung und umgekehrt ist so sanft, dafs nicht die geringste Erschütterung dabei bemerkt werden kann.

Um das Rad *F* vor- und zurückzuschieben, dienen verschiedene Hebel und eine Schraube, welche Fig. 216 zeigt. Das neben der Schiffswand befindliche Achslager ist in der Mitte eines aufrecht stehenden starken Hebels angebracht, der sich um sein unteres Ende drehn kann, während sein oberes von einer Zugstange gefafst wird, die in den abwärtsgekehrten Arm *H* eines Winkelhebels eingreift, dessen horizontaler Arm *I* eine bewegliche Schraubenmutter enthält. Die beiden Arme *H* und *I* befinden sich aber nicht in einer Ebene, sondern sind $3^1/_2$ Fufs von einander entfernt und an einer gemeinschaftlichen horizontalen Achse befestigt. Die Schraubenspindel, welche in jene Mutter eingreift,

Digitized by Google

wird durch eine kleine Winde *L* auf dem Deck in Bewegung gesetzt. Diese Winde ist auch in Fig. 211 sichtbar und mit demselben Buchstaben bezeichnet. Ein an diese gestellter Arbeiter ist sonach jederzeit im Stande, den Schlitten zu heben oder zu senken. Das Letztere geschieht, indem er den horizontalen Arm des Winkelhebels soweit senkt, dafs das Rad *F* weder vom Bremsklotze, noch auch vom Rade *G* gefafst wird, also unter dem grofsen Gewicht der Baggerleiter, welches mit Einschlufs der Kette und der Eimer etwa 300 Centner beträgt, sich rückwärts dreht.

Man bemerkt in Fig. 216 am andern Ende noch ein Gewicht *W*, das an einen Hebel befestigt ist. Dieses war ursprünglich nicht vorhanden, mufste aber der Sicherheit wegen nachträglich angebracht werden. Die Winde *L* konnte nämlich mit Rücksicht auf ihre zweckmäfsige Benutzung und auf die Vertheilung des Raums auf dem Deck nicht so nahe an das beschriebene Räderwerk gestellt werden, wie Fig. 216 zeigt. Die Eisenstange, welche den Winkelhebel unter der Winde mit dem verstellbaren Rade verbindet, mufste daher 16 Fufs lang werden. Dieses war ohne Nachtheil, wenn das Rad an den Bremsklotz gezogen werden sollte, aber beim Anlehnen desselben an das von der Dampfmaschine gedrehte Rad liefs sich der erforderliche Druck nicht übertragen, indem die Stange sich bog. Dieser Druck mufste demnach in andrer Weise dargestellt werden, und hierzu dient der Winkelhebel mit dem daran hängenden Gewicht. Die Stange wird demnach nur auf Zug in Anspruch genommen und selbst bei ihrem geringen Querschnitt kann sie diesen sicher ausüben. Bei der spätern Einrichtung desselben Apparats auf einem ältern und gröfseren Bagger liefs sich die Winde nahe an das Rad *F* stellen, und die Anbringung des erwähnten Gewichts war daher entbehrlich.

Es bleibt noch übrig mitzutheilen, in welcher Weise das Rad *G* durch die Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird. Auf der gemeinschaftlichen Achse der beiden Schwungräder *D* und des Frictionsrades *E* befindet sich, wie Fig. 211 zeigt, noch ein conisches Rad. Dieses greift in ein zweites conisches Rad auf der in schräger Richtung stehenden Achse *M* Fig. 212 ein, die sich eben so schnell, wie das Rad *E* umdreht. Diese Achse wird durch drei Lager gehalten und zwar ist das obere mit Rinnen

Digitized by Google

versehn, in welche Ringe eingreifen, die aus der Achse vortreten, und ihr Herabgleiten verhindern. Ihr unteres Ende, das frei schwebt, trägt wieder ein conisches Rad, und dieses greift, wie Fig. 214 erkennen läfst, in ein conisches Rad an derselben Achse, auf welche am andern Ende das Rad *G* befestigt ist. Indem die sämmtlichen in einander greifenden Räder gleiche Durchmesser haben, dreht sich auch das Rad *G* eben so oft, wie das Rad *E*, nämlich $28\frac{1}{2}$ mal in der Minute um. Die Achse des letztern ist auch mit den Excentriks versehn, welche die Ventile öffnen und schliefsen, auch bewegt sie die Pumpen und den Centrifugal-Regulator.

Auf der Baggerleiter sind, wie Fig. 212 zeigt, in Abständen von $3\frac{1}{2}$ Fufs fünfzehn hohle gufseiserne abgedrehte Rollen von 10 Zoll Durchmesser und $3\frac{1}{2}$ Fufs Länge angebracht. In dieselben sind Achsen von quadratischem Querschnitt eingesetzt, deren cylindrische Zapfen in Pfannen an den innern Seiten der Träger liegen. Auf diesen Rollen ruht die Eimerkette, die mit den gefüllten Eimern sich aufwärts bewegt. Die über diese Rollen gelegte Ebene schliefst sich tangential an die beiden Kettentrommeln oder Turasse an. Letztere bestehn aus Gufseisen mit eingesetzten Achsen aus Schmiedeeisen. Die obere bildet ein vierseitiges, die untere ein sechsseitiges Prisma. Die Seiten entsprechen der Länge der Kettenglieder, so dafs diese sich flach auf jene auflegen und keinen Spielraum frei lassen. In dieser Art wird dem Gleiten der Kette vorgebeugt. Die untere Trommel ist mit Seitenrändern versehn, über welche jedoch die Eimer noch etwa 15 Zoll hinausreichen.

Die Eimerkette besteht aus zwei Strängen, die mit einander nicht durch gemeinschaftliche Kettenbolzen, sondern nur durch die Eimer verbunden sind. Jeder Strang setzt sich abwechselnd aus sogenannten doppelten und einfachen Gliedern zusammen, die doppelten sind an beiden Enden gabelförmig gespalten und umfassen die Enden der einfachen. Jene wie diese sind, wie Fig. 217 zeigt, in den Flächen, womit sie auf den Kettentrommeln aufliegen, ganz eben. Die Verstärkung, welche das Auge umgiebt, tritt daher auf der entgegengesetzten Seite vor. Die Höhe der Glieder mifst im mittleren Theil $3\frac{1}{4}$ Zoll, in diesen Verstärkungen dagegen $4\frac{1}{2}$ Zoll. Die Augen sind

Digitized by Google

$1^1/_2$ Zoll weit gebohrt und von Mitte zu Mitte $22^1/_2$ Zoll entfernt. Die ganze Länge jedes Gliedes mifst 27 Zoll. Die einfachen Glieder sind $1^1/_2$ Zoll stark, die doppelten dagegen in der Mitte $1^3/_4$ Zoll, und an den Enden 4 Zoll. In diesen verbreiteten Theilen befinden sich nicht nur die $1^3/_4$ Zoll weiten Schlitze, sondern auch die $1^1/_4$ Zoll im Durchmesser haltenden Löcher, durch welche die Bolzen zur Befestigung der Eimer gezogen werden.

Die Bolzen, welche zur Verbindung je zweier Kettenglieder dienen, sind neben dem Kopf, der sich jedesmal an der äufsern Seite der Kette befindet, viereckig ausgeschmiedet, und dieselbe Form hat auch das Auge in dem äufsern Flügel des doppelten Gliedes, um das Drehn des Bolzens zu verhindern. Die Drehung erfolgt daher nur in dem Auge des einfachen Gliedes. Damit dieses aber sich nicht zu schnell ausschleift, was bei dem einfliefsenden Sande sehr zu besorgen, so erhält es eine gröfsere Weite und man setzt eine stählerne Buchse ein, die in der Weite von $1^1/_2$ Zoll ausgebohrt ist. Die Bolzen, welche mit Einschlufs der Köpfe $5^1/_2$ Zoll lang sind, werden gleichfalls aus Stahl geschmiedet und abgedreht. An den Enden, die auf der innern Seite der Eimerkette vortreten, sind sie durchlocht, und werden hier mit gespaltenen Splinten versehn. Die stählernen Buchsen, so wie auch die Bolzen werden gehärtet und demnächst gelb angelassen.

Ein Eimer ist Fig. 217 dargestellt. Die ebene Rückwand desselben, die an die Kettenglieder durch Schrauben befestigt wird, ist am hintern Ende 34, an der Oeffnung dagegen 35 Zoll breit und 18 Zoll lang. Sie bedeckt also vollständig die Kettenglieder zwischen den Verstärkungen derselben an den Achsen. Aufserdem setzt sie sich aber noch $6^1/_4$ Zoll weit über die Oeffnung des Eimers hinaus fort, jedoch ohne die Verbindungen der Kettenglieder zu überdecken. Diese Verlängerung dient zur Unterstützung der Erdmasse, welche in dem Eimer selbst nicht Platz findet, sondern über diesem den sogenannten Kopf bildet. Von derselben fliefst ein Theil mit dem darin enthaltenen Wasser schon während des Ansteigens seitwärts ab und trifft die Augen der Kettenglieder und die darin befindlichen Bolzen. Ohne Zweifel ist dieses ein nachtheiliger Umstand. Man hat versucht, dem-

Digitized by Google

selben dadurch zu begegnen, dafs man die Charniere der Kettenglieder mit passend gekrümmten Blechen überdeckte, doch bildeten diese wieder Vorsprünge, welche das Entleeren der Eimer erschwerten. Bei ältern Baggern hat man häufig diese Rückwand in ihrer ganzen Breite vortreten lassen, so dafs sie sich über die Verstärkungen der Glieder an deren Bolzenlöchern hinzog.

An diese Rückwand schliefst sich die gekrümmte Wandung des Eimers an, die jedoch nicht cylindrisch geformt ist, sondern eine erweiterte Mündung darstellt. Die Entfernung dieser Wand von jener ersten mifst in der Mündung $20^3/_4$, am hintern Ende aber nur 16 Zoll. Die sämmtlichen Wände der Eimer bestehn aus $^3/_8$ zölligen Blechen, die durch Eckeisen von $2^3/_4$ Zoll Breite und $^1/_2$ Zoll Stärke mit einander verbunden sind. In die Mündung ist aber noch eine etwas vortretende stählerne Schneide von $^1/_2$ Zoll Stärke genietet. Der Eimer fafst, wenn er vollständig gefüllt, jedoch mit keinem Kopf versehn ist, $4^3/_4$ Cubikfufs, seine Wandungen sind ringsumher mit Oeffnungen zum Abführen des Wassers versehn.

Die Verbindung des Eimers mit der Kette mufs leicht zu lösen sein, damit man einen schadhaften Eimer ohne Zeitverlust ausnehmen und durch einen andern ersetzen kann. Die Anwendung von Schrauben war daher nicht zu umgehn. Diese müssen aber auf der einen oder andern Seiten vortreten. Unter den Kettengliedern darf solches nicht geschehn, weil alsdann die Kette sich weder auf die Trommeln regelmäfsig auflegen, noch über die Rollen geführt werden könnte. Die Köpfe der Verbindungsbolzen sind daher in die Kettenglieder versenkt, und die Muttern können nur im Innern der Eimer aufgeschroben werden, wo sie bei festem und zähem Boden das Ausfallen desselben ohnfehlbar erschweren. Dieser Uebelstand wird aber noch um so bedeutender, als die einfache Mutter während des Baggerns sich leicht löst. Man mufs also auf jeden Bolzen zwei Muttern aufbringen, die möglichst fest gegen einander gezogen werden. Doch auch dieses genügt noch nicht, und man hat sich daher genöthigt gesehn, noch eine Scheibe von trocknem Buchenholz zwischen die Rückwand und die untere Mutter zu legen. Hierdurch ist allerdings eine sichere Verbindung dargestellt, aber alsdann treten die

Digitized by Google

vier Bolzen mit ihren Muttern 8 Zoll hoch über die Rückwand vor und erschweren das Entleeren der Eimer.

In den Französischen Baggern werden die Eimer auf andre Art mit den Ketten verbunden. Man verzichtet nämlich auf die Forderung, dafs beide von einander leicht getrennt werden können, und befestigt sowohl das Bodenstück, das an beiden Seiten umgebogen wird, wie auch die Seitenwände des Eimers an die äufsern Seiten der Kettenglieder mittelst Schrauben oder Nieten. Diese treten also weder vor die untere Fläche der Kette vor, noch auch in die Eimer, und verhindern also nicht das Entleeren der letzteren. Die Breite des Eimers beschränkt sich dabei auf die der Kette, und wenn ein Eimer schadhaft wird, so wird er zugleich mit den beiden zugehörigen Kettengliedern ausgehoben.

Diese Anordnung ist auch für den vor Kurzem aus der Elbinger Fabrik für den Hafen von Riga erbauten sehr grofsen Bagger gewählt, dabei jedoch die Aenderung eingeführt, dafs die umgebogenen Ränder der Eimerwände von je zwei schwächern Kettengliedern umfafst und mit diesen durch Schrauben sehr sicher verbunden werden. Unter dem Eimer befinden sich daher je vier Kettenglieder, zwischen welche die nächsten einfachen, also diejenigen eingreifen, die keine Eimer tragen. Dabei ist noch die sehr passende Anordnung getroffen, dafs die nöthige Verstärkung den Gliedern an ihren Enden nicht durch gröfsere Höhe, sondern durch gröfsere Breite oder Stärke gegeben ist. Die Kette bildet demnach auf der obern, wie auf der untern Seite ebene Flächen. Es mag noch erwähnt werden, dafs jeder dieser Eimer $9\,^1/_4$ Cubikfufs Boden fafst.

Die Baggereimer entleeren sich, wie Fig. 211 und 214 zeigt, über einer nach beiden Seiten gleichmäfsig abfallenden eisernen Rinne. Ueber dem Scheitel derselben befindet sich eine Klappe, welche nach ihrer jedesmaligen Stellung die Fortsetzung der einen Hälfte der Rinne bildet, während sie die andre verschliefst. Sie führt also das sämmtliche herabfallende Material der ersten zu, und sobald der Prahm, der dieses aufnimmt, gefüllt ist, braucht man nur der Klappe die entgegengesetzte Stellung zu geben, um die gehobene Erde in den auf der andern Seite des Baggers liegenden leeren Prahm zu schütten. Die Verstellung

Digitized by Google

der Klappe erfolgt durch das unmittelbar an ihrer Achse befestigte Spillrad *N*, welches man vom Deck aus drehn kann.

Die untern über den Bagger hinausreichenden Enden beider Rinnen sind mit Charnieren versehn und hängen mittelst Flaschenzügen an eisernen Krahnen. Man kann sie daher leicht aufheben und sogar senkrecht aufstellen, was während des Transports des Baggers oder nach Beendigung der Arbeit immer geschieht, um sie vor Beschädigungen beim Vorbeifahren der Schiffe zu sichern. Sie müssen aber etwas gehoben werden, so oft ein leerer Prahm darunter geschoben wird.

Die Rinnen sind nach Maafsgabe der darüber angestellten Versuche 30 Grade gegen den Horizont geneigt. Eine etwas steilere Stellung derselben wäre indessen vortheilhaft, weil der gebaggerte Boden zuweilen doch nicht schnell genug herabgleitet, und alsdann diejenigen Leute, welche die Bemannung jedes Prahmes bilden, Wasser auf die Rinne werfen müssen, um die Masse in Bewegung zu setzen. Wenn in dieser Weise auch jede Ueberfüllung der Rinnen leicht beseitigt werden kann, so ist dennoch eine dauernde Aufmerksamkeit nothwendig, und dieselben Arbeiter haben während der Beladung eines Prahms noch dafür zu sorgen, dafs die hineinstürzende Erde sich ungefähr gleichmäfsig vertheilt.

Um das Umherspritzen des Schlamms beim Entleeren der Eimer zu verhindern, sind die obern Theile der Rinnen nicht nur mit hohen Seitenwänden versehn, sondern auch überdeckt, wie die doppelten Linien in Fig. 212 und 214 angeben. Aufserdem erhebt sich zu demselben Zweck bis über den obern Turas hinaus ein Blechkasten, der sich über der erwähnten Klappe auf die Deckbleche der Rinnen aufsetzt. Dieser Kasten ist, wie Fig. 212 zeigt, auch an der hintern Seite mit einer dichten Wand versehn, die bis zum Boden beider Rinnen herabreicht. An der vordern Seite setzen sich die beiden Seitenwände des Kastens über die Rinne hinaus zu beiden Seiten des Schlitzes fort, indem ihre Höhe gleichmäfsig abnimmt und sie im Abstand von $17\frac{1}{2}$ Fufs vom vordern Ende des Schiffs das Deck erreichen. In dieser Weise ist dem Umherspritzen des Schlamms begegnet, und unter den Rinnen bildet sich ein bequemer Durchgang, der den vordern und hintern Theil des Decks verbindet.

Digitized by Google

Diese Wände, so weit sie zugleich die Baggerleiter und das damit in Verbindung stehende Räderwerk nebst der Verdachung tragen, bestehn aus $^3/_8$ zölligen Blechen und sind mit $2^1/_2$ und $2^1/_2$ Zoll breiten und $^1/_2$ Zoll dicken Winkeleisen verstärkt. In ihren Fortsetzungen zu beiden Seiten des Schlitzes sind schwache Dielen statt des Eisenblechs verwendet. Die Rinnen haben dieselbe Stärke wie jene Wände.

Man könnte vermuthen, dafs die beschriebenen Rüstungen dem Winde so stark ausgesetzt sind, dafs die Ausführung der Baggerarbeit dadurch verhindert oder erschwert werden möchte. Vergleicht man indessen diesen Bagger mit einem solchen, wo die Leitern zur Seite angebracht sind, so ist die vom Winde getroffene Fläche in beiden Fällen nahe dieselbe, es kann also in diesem Umstande keine Veranlassung gefunden werden, die in Rede stehende Anordnung nicht zu wählen. Die Erfahrung hat auch gezeigt, dafs eine solche Besorgnifs ganz ungegründet ist, denn dieser Bagger hat in den meilenweiten Niederungen der untern Oder und Peene und selbst auf dem Haff, so oft der Wellenschlag das Baggern überhaupt zuliefs, gearbeitet und seine Bewegungen leicht und sicher ausgeführt, ohne dafs man eine Erschwerung durch den Wind bemerken konnte.

Es bleibt noch übrig, die Vorrichtungen zur Fortbewegung des Baggers zu beschreiben. Das Tau des Hauptankers ist um das grofse Spill *O* Fig. 211 und 212 geschlungen, welches 20 Zoll Durchmesser hat und über dem Schlitz liegt. Es ist nach Art der gewöhnlichen Pumpspille eingerichtet und die Palle (Sperrkegel) befinden sich an den Streben, welche den Rahmen *A* stützen. Dieses Tau wird etwas angeholt, so oft ein Schlag gemacht ist und der Bagger die entgegengesetzte Seitenbewegung annehmen soll.

Die Seitenbewegungen erfolgen durch die Dampfmaschine. Auf der oben erwähnten schrägen Achse, welche das obere Räderwerk mit dem unter Deck liegenden verbindet, befindet sich eine Schnecke *P*, die mit ihren Schraubengängen in ein Stirnrad *Q* eingreift, wie Fig. 212 zeigt. Auf die Achse dieses Rades ist an jeder Seite eine doppelte Winde *R* aufgesetzt. Eine derselben ist in Fig. 211 sichtbar, und beide bemerkt man in Fig. 214. Von den beiden Ankern, die auf einer Seite des

Digitized by Google

Schiffs, nämlich nach Fig. 211 an Backbordseite ausgebracht sind, laufen die Taue *V* sowohl am Vordertheil, als am Hintertheil des Schiffs über Rollen und sind in der Längenrichtung des Schiffs nach derselben Winde geführt. Sie sind um diese in gleichen Richtungen umgeschlungen. Das eine tritt daher unter die Winde, das andre über dieselbe, und sonach werden beim Drehn der Winde beide in gleichem Maafse angezogen oder nachgelassen. Auf die zweite Doppelwinde, welche sich mit der ersten übereinstimmend dreht, sind die Taue von Steuerbord in derselben Richtung umgeschlungen. Wenn daher alle vier Taue auf den Winden lägen und man ihre Enden anziehn wollte, um die Winden auf sie wirken zu lassen, so würde das Baggerschiff eben so stark nach der einen, wie nach der andern Seite gezogen werden, also gar keine Bewegung machen. Man mufs daher, während die eine Winde das Schiff nach einer Seite bewegt, die andre aufser Thätigkeit setzen, und dieses geschieht gewöhnlich dadurch, dafs dieselben zwei Arbeiter, welche bei der entgegengesetzten Bewegung die Enden der Taue anziehn, sie nunmehr auf die Winde hinaufschieben, so dafs sich daselbst grofse Windungen bilden, die nicht gefafst werden. Die Taue bewegen sich also in einer Richtung, die derjenigen, welche die Winde darunter hat, entgegengesetzt ist.

Diese Handhabung der Taue verursacht indessen eine merkliche Reibung und hindert die Seitenbewegung des Schiffs, namentlich, wenn der Wind dieses gleichfalls thut. In solchem Fall wirft man die Taue von der Winde ganz ab, und dieselben Arbeiter ziehn sie fortwährend soweit aus, wie das Schiff nach der andern Seite vorgeht. Dasselbe geschieht auch, wenn eine Rinne ausgebaggert wird, die etwa 20 Ruthen oder mehr breit ist, wobei also jeder Schlag des Baggers eine bedeutende Länge hat.

Das Rad *Q*, in welches die Schnecke *P* eingreift, hat 50 Zähne, es dreht sich also zugleich mit den erwähnten Winden nur einmal um, während die Schnecke 50 Umdrehungen macht. Die Winden sind nicht cylindrisch, sondern conisch geformt, und die Taue legen sich so auf, dafs sie nach und nach die gröfsern Durchmesser treffen. Sobald ein Tau das Ende der Winde erreicht hat, so wird es geschreckt, das heifst der Arbeiter, der das Tau hinter der Winde anzieht, schiebt dieses schnell vor, alsdann

Digitized by Google

lösen sich die Windungen und lassen sich leicht auf die andre Seite der Winde zurücklegen, wo der Durchmesser kleiner ist, und nunmehr wird das Tau wieder angeholt und die Winden wirken nach dieser kurzen Unterbrechung wie früher. Die Durchmesser der Winden messen an einer Seite 3 Fufs 9 Zoll, an der andern 4 Fufs 1 Zoll, durchschnittlich also 3 Fufs 11 Zoll. Die Seitentaue halten im Umfange 5 Zoll, oder im Radius 0,8 Zoll. Bei einmaliger Umdrehung der Winde werden daher 152,7 Zoll Tau angewunden. Beim normalen Gang der Maschine erfolgt in 0,57 Minuten eine Umdrehung, daher werden in der Minute 7 Fufs 3 Zoll Tau angezogen oder die Geschwindigkeit, womit das Schiff sich seitwärts bewegt, ist 1,45 also nahe $1\frac{1}{2}$ Zoll. Bei leichtem Boden nimmt die Maschine eine gröfsere Geschwindigkeit an, die Schwungradwelle dreht sich alsdann 35 mal in der Minute, woher die Geschwindigkeit der Seitenbewegung 1,8 Zoll wird.

Auf dem hintern Theil des Vorderdecks befindet sich ein Gangspill *S*, welches zum Anholen des Rücktaues benutzt wird. Letzteres ist dem Hauptankertau gegenüber gespannt und verhindert ein zu weites Vorgehn des Baggers, falls die Eimer stellenweise keinen Widerstand finden. Endlich ist noch ein kleines Spill *T* ohnfern der Winden *R* aufgestellt, welches durch dasselbe Stirnrad, das in die Schnecke eingreift, schnell in Bewegung gesetzt werden kann. Dieses dient zur schleunigen Entfernung des Baggers, um vorbeifahrenden Schiffen Platz zu machen.

Was die Leistungen dieses Baggers betrifft, so förderte derselbe gleich Anfangs während 13 Arbeitsstunden für Pferdekraft und Stunde 1,34 Schachtruthen, durchschnittlich jedoch während des ersten Jahres nur 1,03 Schachtruthen. Seine Leistungsfähigkeit hat sich indessen nach und nach gesteigert, was ohne Zweifel von manchen Verbesserungen herrührt. Im Jahr 1864 hat er durchschnittlich für Pferdekraft und Stunde 1,29 Schachtruthen gehoben. Er hat also die von Castor angegebenen Leistungen sehr nahe erreicht. Der Kohlenverbrauch für Stunde und Pferdekraft stellt sich auf 6 Pfund Englische Kohlen.

Es mag noch erwähnt werden, dafs der ältere Dampfbagger Hercules, der mit zwei Leitern versehn ist, und dessen Maschinen

Digitized by Google

zusammen 36 Pferdekräfte haben, durchschnittlich in den verschiedenen Jahrgängen nur 0,65 bis 0,84 Schachtruthe für Stunde und Pferdekraft förderte. Dieses Resultat wurde aber früher vergleichungsweise zu den Leistungen der übrigen Dampfbagger schon als ein günstiges angesehn.

Mehrfach hat man die Dampfbagger mit Vorrichtungen versehn, wodurch sie sich selbst fortbewegen, und daher bei plötzlich eintretendem Sturm geborgen werden können, ohne dafs man die Rückkehr der Bugsirböte abzuwarten braucht. Schon bei dem ersten Königsberger Dampfbagger war dieses zum Theil geschehn, indem man die beiden Schaufelräder nicht beseitigte, die er als Passagierboot gehabt hatte.

Der ungewöhnlich grosse Bagger, von Mazeline erbaut, den ich 1857 im Havre sah, war mit einer Schraube versehn. Das Fahrzeug ist 169 Fufs lang und 50 Fufs breit, die Dampfmaschine hat 70 Pferdekräfte, und die Leitern sind so lang, dafs noch in der Tiefe von 15 Meter oder 47 Fufs unter Wasser gebaggert werden kann. Die Eimerkette ist eigenthümlich construirt, sie besteht nämlich aus drei Ketten, deren Glieder 1 Meter oder 3 Fufs $2^1/_4$ Zoll lang sind. Zwischen diesen Ketten befinden sich die Eimer abwechselnd an einer und an der andern Seite, von denen jeder 1 Cubikmeter oder 32 Cubikfufs faſst. Die ganze Länge der Kette mifst 287 Fufs. Die Leiter liegt auch hier in einem Schlitz in der Mitte des Fahrzeugs. Die obere Kettentrommel, so wie auch die untere, besteht aus einem vierseitigen Prisma, die obere ist von einem hohen Blechtrichter umgeben, der das umherspritzende Material auffängt, und der in zwei Rinnen nach beiden Seiten des Schiffs ausmündet, von denen eine durch die Klappe geschlossen wird. Die Neigung der Rinnen gegen den Horizont mifst 30 Grade, und dieses genügt, da vorzugsweise nur abgerundeter Kies gebaggert wird.

Der Schlitz, in welchem die Eimerleiter hängt, setzt sich in einer flachen abwärts geöffneten Rinne von etwa 4 Fufs Höhe und 10 Fufs Breite in der Mittellinie des Schiffs bis zum Vordersteven fort, und eine etwas schräge gestellte Schraube mit vier Flügeln reicht in den vordern Theil des Schlitzes, also in diejenige Stelle hinab, wo diese Rinne sich mit dem Schlitz vereinigt. Die Flügel der Schraube treten nicht vor den Boden des Fahr-

Digitized by Google

zeugs vor, und sind daher vor Beschädigungen gesichert. Sobald man den Schlitten aufhebt, und hierdurch den Schlitz dem durchströmenden Wasser öffnet und die Schraubenachse mit der Dampfmaschine in Verbindung setzt, während die Baggermaschine ausgerückt wird, so verwandelt sich das Fahrzeug in ein Schraubenboot, und kann leicht in den Hafen zurückgebracht werden. Diese Vorrichtung ist hier dringend geboten, weil in der weit geöffneten Mündung der Seine ein heftiger Wellenschlag oft unerwartet und plötzlich eintritt.

Zum Schleppen der dazu gehörigen hölzernen Baggerprahme, von denen jeder sechs Laderäume enthält, die durch Bodenklappen geschlossen werden, dient ein eisernes Dampfbugsirboot, das aber auch selbst einen Theil des ausgebaggerten Kieses aufnimmt, und zu diesem Zweck acht gleiche Laderäume enthält.

Die in neuerer Zeit für verschiedene Ostseehäfen erbauten gröfsern Dampfbagger stimmen in ihrer Anordnung mit dem vorstehend beschriebenen nahe überein. Dieses gilt auch von den für Pillau und Memel in Elbing ausgeführten Baggern. Da dieselben aber vorzugsweise zur Aufräumung der Seegatte bestimmt sind, falls Verflachungen darin vorkommen, so mufste dafür gesorgt werden, dafs sie theils bei mäfsigem Wellenschlag noch arbeiten, theils aber auch, dafs sie bei plötzlich eintretendem stärkerm Seegang sicher in die Häfen gebracht werden können. In der ersten Beziehung haben sie daher gröfsere Längen erhalten. Der Memeler Bagger mifst über Steven 100 Fufs. Andrerseits sind sie aber auch mit Schrauben versehn, durch welche sie sich selbst fortbewegen. Dabei ist die Einrichtung getroffen, dafs zu beiden Seiten des Schlitzes, durch welche die Eimerkette tritt, kleine Dampfmaschinen aufgestellt sind, welche Schrauben treiben und von dem im Vordertheil des Schiffs befindlichen Dampfkessel gespeist werden. Hierdurch erleichtert sich die Steurung ungemein, und wenn man die eine Schraube vorwärts, die andre aber rückwärts laufen läfst, so kann man den Bagger sogar eine vollständige Drehung machen lassen, ohne dafs er seine Stelle merklich verändert.

Manche Einzelheiten der Construction der Baggermaschine sind von denen des Stettiner Baggers verschieden. So wird das Räderwerk neben dem obern Turas nicht durch Bläuelstangen

Digitized by Google

von der Dampfmaschine unmittelbar in Bewegung gesetzt, vielmehr geschieht dieses mittelst einer senkrecht stehenden Achse, die mit conischen Rädern versehn ist.

Vorzugsweise ist aber die Art der Befestigung der Eimer gegen die Kette zu erwähnen. Die Kettenglieder haben wieder die in Fig. 217 dargestellte Form. Auf der untern, oder derjenigen Seite, mit der sie auf dem Schlitten und den Trommeln aufliegen, treten die Verstärkungen unter den Achsen nicht vor, wohl aber geschieht dieses oben. Damit die 7 Linien starken Bodenplatten der Eimer über diese Verstärkungen ohne Biegung sich fortsetzen können, sind über die mittlern Theile der Glieder zur Ausgleichung noch Platten gelegt, und durch diese hindurch die Eimer mit den Kettengliedern durch Niete verbunden. Fig. 259 *a* und *b* auf Taf. XLV zeigt diese Anordnung zugleich mit den ganzen Eimern im Längendurchschnitt nach der Linie *AB* und in der Ansicht von vorn. Es könnte auffallend erscheinen, dafs man nicht in einfacherer Weise diese Kettenglieder im mittleren Theil so erhöhte, dafs sie auch oben ebene Flächen bildeten. Die Zwischenplatten verstärken indessen die Bodenplatten, indem sie, wie Fig. *b* zeigt, zu beiden Seiten der Kettenglieder noch bedeutend vortreten. Indem aber die Platten unter sich vielfach vernietet wurden, durften nur zwei Niete durch jedes Glied getrieben werden. Die Eimer entleeren sich hier über einen ganz ebenen Boden, wenn aber ein Eimer ausgewechselt werden soll, so mufs man die vier Niete beseitigen, welche durch die Kettenglieder greifen.

§ 81.

Pumpen-Bagger.

Die Eigenthümlichkeit der Pumpen-Bagger besteht darin, dafs sie nicht nur feuchten Sand oder Erde, vielmehr zugleich reichlich Wasser, also eine dünnflüssige Masse heben, die in diesem Zustand auf das Ufer geleitet werden kann. Sie sind freilich auch auf das Ausgiefsen des geförderten Materials in Prahme eingerichtet, und zuweilen geschieht dieses auch wirklich, in diesem Fall verschwindet aber der wesentliche Vorzug vor andern Baggern,

Digitized by Google

dafs nämlich der Transport des geförderten Bodens ganz fortfällt. Aufserdem mufs auch anerkannt werden, dafs sie sich durch ihre Einfachheit und namentlich durch die geringe Anzahl der beweglichen Theile auszeichnen, woher Beschädigungen an ihnen seltner vorkommen, als zum Beispiel an den Eimerketten.

Auch mit den ältern Baggern mit geneigten Eimerketten hat man zuweilen so viel Wasser geschöpft, dafs die gehobene Masse auf das Ufer fliefsen konnte. Dieses war namentlich beim Ausheben des Suez-Canals geschehn, wo man, um die Verwendung der dort überaus kostbaren Menschenkraft möglichst zu beschränken, den Sand auf der Eimerleiter sogar nahe 50 Fufs über den Wasserspiegel hob, und ihn mit reichlichem Zusatz von Wasser alsdann in Blechrinnen auf das Ufer fliefsen liefs. Diese Rinnen, nach Kreisbögen im Querschnitt geformt, waren $4^1/_2$ Fufs breit und nahe 2 Fufs tief. Ihre Länge maafs 223 Fufs, und indem sie durch eiserne Träger unterstützt wurden, ruhten sie auf Prahmen, die zwischen das Ufer und den Bagger geschoben wurden. War der Boden von der Art, dafs er in der wenig geneigten Rinne nicht herabglitt, so wurde noch ein Schaufelwerk angebracht, welches ihn fortschob und das eine auf den Prahm gestellte Locomobile in Bewegung setzte. *)

Das Heben des Schlamms geschieht im Pumpen-Bagger auf verschiedene Art, nämlich entweder mittelst der Kreiselpumpe, oder durch Luftdruck, indem man in einem grofsen Gefäfs durch Condensation des Dampfs einen nahe luftleeren Raum darstellt, und diesen durch Oeffnen eines Ventils mit der Saugröhre in Verbindung setzt, deren untere Oeffnung den Boden berührt, den man beseitigen will. Dabei mufs aber jedenfalls noch für die Auflockerung dieses Bodens gesorgt werden, weil das Wasser ihn sonst nicht mit sich fortreifsen würde. Dieses geschieht meist durch Wasserstrahlen, die unter starkem Druck neben der Mündung der Röhre austreten. Wenn dagegen bei Kreiselpumpen die Turbine ohnfern dieser Mündung liegt, so läfst sich ihre Achse auch weiter fortsetzen und mit Schneiden versehn, welche in den Erdboden eindringen und ihn zertheilen.

Zunächst mag von den mit Kreiselpumpen versehenen

*) Canal maritime de Suez par E. Deharme.

Digitized by Google

Baggern die Rede sein. Ein solcher, von mäfsigen Dimensionen, wurde beim Ausheben des Caseburger Durchstichs, ohnfern von Swinemünde (§ 40 *b*) benutzt, und bei der passenden Verwendung gab er auch sehr günstige Resultate. Die Figuren 264 *a*, *b* und *c* auf Taf. XLVI stellen denselben in der Ansicht von der Seite, von vorn und von oben dar. In Fig. *b* ist jedoch der Bock, an welchem die Steigeröhre hängt, nebst der dazugehörigen Winde fortgelassen, damit die Röhren und die Verbindungen derselben nicht verdeckt würden.

Zwei Prahme 46 Fufs lang, $6\frac{1}{2}$ Fufs breit und $3\frac{3}{4}$ Fufs hoch, sind durch übergelegte Balken mit einander so verbunden, dafs ein Zwischenraum von 2 Fufs Breite frei bleibt. Durch diesen ist die Steigröhre herabgelassen, und über derselben ist der Schlitz offen, so dafs sie über Wasser gehoben werden kann. Weiter rückwärts ist der Schlitz überdeckt, und hier steht eine Locomobile von acht Pferdekräften. Dieselbe ist mit einer leichten Bude überbaut, worin auch Materialien und Utensilien aufbewahrt werden.

Am untern Ende der Steigröhre und zwar in der Erweiterung, welche die Figuren zeigen, befindet sich die Kreiselpumpe, die mit sechs Flügeln versehn 18 Zoll im Durchmesser hält. Die Steigröhre selbst, aus mehreren Stücken durch Flanschen verbunden, besteht aus Gufseisen und ist 12 Zoll weit. Am obern Ende ist diese Röhre durch eine eingesetzte Scheibe abgeschlossen, die jedoch mit einer Stopfbüchse versehn ist, durch welche die Achse der Kreiselpumpe hindurchgeführt ist. Nahe vor diesem Abschlufs zweigt sich ein 8 Zoll weites Rohr ab, das bei der gewöhnlichen Lage der ersten Röhre senkrecht ansteigt. In der Entfernung von 3 Fufs ist es aber rechtwinklig gekrümmt. Diese Röhre verbindet sich mittelst eines Gummischlauchs mit einer 20 Fufs langen Blechröhre von 8 Zoll Weite, die in ihrer Mitte von einem Flaschenzuge getragen wird, dessen oberer Block an einem Ladebaum hängt. Der Gummischlauch ist in den Figuren durch die Querschraffirung bezeichnet, die Blechröhre ist aber am äufsern Ende mit vortretender Flansche versehn, durch welche sie mit andern eben so weiten und 16 Fufs langen Blechröhren, verbunden werden kann, um das gehobene Material an passende Stellen des Ufers zu führen.

Digitized by Google

Das mit der Locomobile verbundene Schwungrad, das 106 bis 120 Umdrehungen in der Minute macht, hält 4 Fufs 8 Zoll im Durchmesser. Von demselben führt, wie in den Figuren durch die punktirten und aufserhalb des Gebäudes durch die ausgezogenen Linien angegeben ist, ein Treibriemen nach einer 2 Fufs im Durchmesser haltenden Scheibe. An der Achse der letzten befindet sich vor der Steigröhre ein konisches Rad von 12 Zoll Durchmesser und dieses greift in ein halb so grofses konisches Rad, das auf die Achse der Kreiselwelle befestigt ist. Der Kreisel macht also in der Minute 500 bis 560 Umdrehungen.

Diese Uebertragung der Bewegung bedarf noch einer nähern Erklärung. Es ist nothwendig, dafs bei jeder Neigung der Steigröhre die beiden conischen Räder gehörig in einander greifen. An das obere Ende der Steigröhre ist ein gabelförmiger Block aus Schmiedeeisen angeschroben. Fig. 264 *d* zeigt denselben in gröfserm Maafsstab. Er trägt an beiden Seiten die starken abgedrehten Achsen, um welche die Röhre sich dreht, wenn sie gehoben oder gesenkt wird. Geschieht dieses, so neigt sich gleichfalls die damit verbundene aufrecht stehende Zweigröhre. Während des Baggerns ist diese Bewegung aber immer nur sehr unbedeutend und beschränkt sich auf wenige Zolle am untern Ende der Röhre. Sie ist also in der Nähe der Achse noch viel geringer und die Biegsamkeit des Gummischlauchs genügt, um die veränderte Stellung auszugleichen, ohne dafs dadurch die Lage der folgenden Röhren verändert wird. Wird dagegen die Steigröhre aus dem Wasser gehoben, oder vor dem Baggern wieder herabgelassen, so mufs die Verbindung zwischen der ersten, am Ladebaum hängenden Röhre und der folgenden gelöst werden.

Die eine der so eben erwähnten Achsen ist nun centrisch durchbohrt, und durch sie tritt, ähnlich wie beim Schwahn'schen Bagger (§ 79), die gemeinschaftliche Achse der Riemscheibe und des ersten conischen Rades hindurch. Hiernach erfolgen beide Drehungen um dieselbe Achse und bei jeder Stellung der Röhre greifen die conischen Räder in einander ein.

An jenen Block aus Schmiedeeisen ist noch ein starker Bügel angeschroben, durch den die Achse der Kreiselpumpe tritt und von demselben in ihrer richtigen Lage gehalten wird, wie Fig. 264*d*

Digitized by Google

zeigt. Diese Achse ist alsdann durch die Stopfbüchse in der Scheibe am obern Ende der Röhre geführt und ihr zweites Lager befindet sich im festen Theil der Turbine. Sie setzt sich aber nicht nur bis zu dem beweglichen Theil der letztern fort, den sie treibt, sondern noch etwa 2 Fufs weiter, und hier ist sie mit vier, etwas schräge gestellten Messern versehn, welche den Boden auflockern. Indem die letzten immer in einer gewissen Tiefe wirken, und der darüber liegende Boden nachstürzt, so kann es leicht geschehn, dafs plötzlich Erdmassen herabfallen, welche die Messer verschütten und ihre Bewegung unterbrechen. Um dieses zu verhindern, ist, wie die Figuren zeigen, ein starkes Blech darüber angebracht, welches die Messer überdeckt.

Bald nachdem dieser Bagger in Betrieb genommen war, zeigte sich dabei ein wesentlicher Uebelstand, dessen Abstellung nothwendig wurde. Das mit den erdigen Theilen und grofsentheils mit Sand vermengte Wasser wurde nämlich gegen das untere Achslager, wie auch gegen die obere Stopfbüchse getrieben und griff namentlich das erste sehr stark an. Um dieses zu verhindern, hat man die Achse in der Steigröhre noch mit einer engen Röhre umgeben, und in diese wird durch eine Druckpumpe von oben her Wasser unter so starkem Druck hineingeleitet, dafs nehen jenem Achslager der aufwärts statt findende Druck nicht zur Geltung kommt, vielmehr hier das reine eingepumpte Wasser herabfliefst, während in dem ringförmig profilirten Zwischenraum zwischen beiden Röhren das Wasser mit dem Sand aufwärts steigt.

Dieser Bagger wurde in dem nördlichen Theil des Caseburger Durchstichs benutzt, der nicht durch einen Fangedamm abgeschlossen war und daher auch nicht bis zu einer gewissen Tiefe ausgegraben werden konnte. Er stellte hier aber keineswegs die volle Tiefe dar, vielmehr diente er nur, den obern Theil der Dossirung unter Wasser zu bilden, man liefs ihn daher, wie auch die Figuren zeigen, nur 8 Fufs tief greifen. In angemefsner Entfernung vom Ufer wurde er parallel zu diesem bewegt und zwar in der Art, dafs das Steigrohr nach vorn gekehrt war. Er stellte also nur eine Rinne von der angegebenen Tiefe dar, die, wie sich aus der Messung ergab, ungefähr 8 Fufs in der Sohle breit, und zu beiden Seiten flach dossirt war. Das Vor-

Digitized by Google

rücken des Baggers erfolgte aber keineswegs ununterbrochen, vielmehr wurde er mittelst der Ankerwinde gegen den mehrere Fuſs hoch vorstehenden Boden so weit vorgeschoben, als dieses möglich war. Alsdann stürzte dieser Boden herab, und zugleich löste derselbe sich auch seitwärts, so daſs einige Zeit hindurch der Sand reichlich zufloſs. Sobald aber die Röhre ziemlich klares Wasser gab, so wurde der Bagger in gleicher Weise wieder vorgeschoben. Unter günstigen Verhältnissen enthielt die gehobene Masse 50 Procent Sand.

Indem die Ufer niedrig waren, und es vorzugsweise darauf ankam, höhere Uferränder darzustellen, so brauchte man die Leitungsröhren nicht leicht über 10 Ruthen zu verlängern. Bei dieser Ausdehnung versahn sie vollständig ihren Dienst und es traten keine Störungen ein, selbst wenn der Boden nicht aus reinem Sand bestand, sondern auch gröberer Kies darin vorkam. Steinchen, die 1 bis 2 Zoll im Durchmesser hielten, waren vielfach durch die Maschine gehoben und durch die Röhren abgeführt. In einzelnen Fällen hatte man die Leitung bis 20 Ruthen verlängert, und bei reinem Sande war auch alsdann keine Unterbrechung durch Verstopfen der Röhren eingetreten. Bei einem Versuch, durch starke Senkung der Steigeröhre eine Stopfung absichtlich herbeizuführen, wurde diese sogleich wieder beseitigt, sobald man die Röhre so weit hob, daſs sie nur reines Wasser förderte.

Zur Unterstützung der Leitungsröhren auf dem Ufer lagen dieselben auf zwei kleinen zweirädrigen Wagen, bei denen die Räder aber nicht gegenüber, sondern hinter einander standen, wie Fig. 265 *a* und *b* in der Ansicht von der Seite und von vorn zeigt. Sobald der Bagger vorrückte, wurden diese Wagen von den am Ufer beschäftigten Arbeitern auf untergelegten Bohlen weiter geschoben.

Die Ablagerung des geförderten Sandes geschah keineswegs regelmäſsig, wenn sie sich selbst überlassen blieb. Das ausströmende Wasser veranlaſste Anfangs eine geringe Vertiefung des Bodens und rings um dieselbe, wo die Strömung sich mäſsigte, lagerte sich der Sand. Der in dieser Weise von höheren Rücken umschlossene Raum wurde alsdann immer kleiner und verwandelte sich schlieſslich in einen Hügel, dessen Scheitel bis zur Mündung

Digitized by Google

des Leitungsrohrs anstieg. Um die Ausebnung zu veranlassen, mufsten Arbeiter angestellt werden, welche in jener ersten Umwallung einen Abflufs nach derjenigen Seite darstellten, wo die Tiefe am gröfsten war. In ähnlicher Art, als wenn es sich um eine Colmation handelte, verbreiteten sie nicht sowohl selbst die hinzugeführte Sandmasse gleichmäfsig, sondern richteten vielmehr die Strömung stets dahin, wo tiefe Stellen in der Nähe sich befanden.

Wenn man fragt, ob diese Baggermaschine, die so wenig bewegliche und noch weniger sich berührende Theile enthält, einer starken Abnutzung unterworfen ist, und daher bedeutender Unterhaltungskosten bedarf, so mufs erwähnt werden, dafs, abgesehn von der Sicherung der Achslager gegen das Eintreten des Sandes, die Kreisel oder Turbinen sehr stark angegriffen werden. Nach kürzerm Gebrauch war es nothwendig, die beweglichen Theile derselben durch neue zu ersetzen, da die mitgefafsten Steinchen grofse Stücke der gufseisernen Flügel ausgebrochen hatten.

Was die Leistungen der Maschine betrifft, so hob dieselbe während der ersten Hälfte des Jahrs 1876 in der Stunde $2^1/_2$ bis 3 Schachtruthen, und die Kosten für den Betrieb nebst Kohlen und Bedienung und den Lohn der Hülfsmannschaften stellte sich durchschnittlich für die Schachtruthe auf 7,7 Silbergroschen. Indem die Transportkosten hierin mitbegriffen sind, so ist dieser Preis unbedingt sehr niedrig.

Ein andrer, etwas gröfserer Bagger dieser Art wird gegenwärtig vor der Mündung des Elbingflusses sehr vortheilhaft benutzt, indem er, wie bereits § 57 mitgetheilt, den gehobenen Schlamm und die Erde unmittelbar über den daneben befindlichen niedrigen Hafendamm wirft. Bei demselben hat die Kreiselpumpe eine wesentliche Veränderung erfahren, um die Lager der Achse gegen das Eindringen der Erde zu sichern. Die Turbine besteht nämlich nur aus den beweglichen Flügeln, und unmittelbar über ihr ist die Röhre, worin ihre Achse liegt, abgeschlossen. Die von ihren Flügeln gefafste flüssige Masse wird in den schneckenförmig sich erweiternden Gang geschleudert, der sie umgiebt. Derselbe steht aber an seinem Ende, wo er die gröfste Weite angenommen hat, mit einer zweiten gufseisernen Röhre in Verbindung, die sich der Länge nach an die erste anlehnt, und in welcher

Digitized by Google

der Schlamm und die Erde mit dem Wasser ansteigt. Im Uebrigen ist dieser Bagger dem vorstehend beschriebenen sehr ähnlich.

In diesen beiden Baggern hat man die Turbinen tief unter Wasser gelegt. Dieses ist jedoch nicht nothwendig, denn wenn sie auch über dem Wasserspiegel sich befindet, also im Beginn ihrer Drehung noch kein Wasser faſst, so wirkt sie alsdann doch in gleicher Art wie ein Centrifugalgebläse, und vermindert den Luftdruck in dem unter ihr befindlichen Theil der Röhre so sehr, daſs das Wasser bis zu ihr ansteigt. Diese höhere Lage der Turbine kann in Bezug auf die Uebertragung der Bewegung manche Vortheile bieten, wenn aber die Achse nicht aus dem untern Ende der Steigeröhre austritt, also jene Messer hier nicht angebracht werden können, so muſs man in andrer Weise für die Auflockerung des Grundes sorgen, und dieses geschieht durch Wasserstrahlen, die unter starkem Druck ausspritzen. Dieses ist bei einem in neuster Zeit für Dünkirchen gebauten groſsen Kreisel-Bagger geschehn.

Bei Gelegenheit der Spülungen, die man im Hafen von Dünkirchen eingerichtet hat, um ein hinreichend tiefes Fahrwasser vor dessen Mündung darzustellen, wurde bereits eines Kreisel-Baggers erwähnt (§ 46), den die Gesellschaft Fives Lille daselbst ausgeführt und in Thätigkeit gesetzt hat. Mittelst desselben sollte an einer Stelle, wo der Spülstrom bereits zu schwach ist, um weitere Vertiefung zu veranlassen, die Fahrrinne ausgebaggert werden. Es kam also darauf an, in weiter Entfernung vor dem Hafen auf einer dem Wellenschlag ausgesetzten Bank kräftige Vertiefungsarbeiten und zwar bis zu groſser Tiefe auszuführen, während dieselben bei niedrigem Wasser wegen mangelnder Tiefe auf der Bank jedesmal unterbrochen werden muſsten. Andrerseits aber durfte während des Hochwassers der lebhafte Schiffsverkehr nicht behindert werden, vielmehr sollte jedem ein- oder ausgehenden Schiff der Bagger weichen.

Der Bagger, der hiernach selbst bei ruhiger See nicht ununterbrochen arbeitete, wurde zugleich mit den Räumlichkeiten zur Aufnahme des gehobenen Materials versehn. Die gröſsern Dimensionen, die er dadurch erhielt, waren insofern vortheilhaft, als dieselben ihn bei bewegter See weniger rollen und stampfen lieſsen. Jedenfalls muſste er aber so eingerichtet werden, daſs

Digitized by Google

die Dampfmaschine, sobald der Bagger nicht arbeitet, das Schiff in Bewegung setzt, also ein Bugsirboot entbehrlich wird.

Das Schiff aus Eisenblech erbaut, ist auf Deck 143 Fufs lang und $24^1/_2$ Fufs breit, und taucht, wenn es leer ist 8, mit Baggerschlick belastet aber 10 Fufs ein. Zur Aufnahme des Letztern enthält es hinter einander mehrere mit Bodenklappen versehene Räume, Brunnen genannt, die unter sich in Verbindung stehn, und in welche die besonders geformten Zuleitungsröhren das Material ungefähr gleichmäfsig vertheilen sollen. Sämmtliche Brunnen fassen etwa 65 Schachtruthen. Eine Schraube vor dem Steuer setzt das Schiff in Bewegung, sobald die Baggerarbeit unterbrochen wird. Während der letztern findet keine Fortbewegung statt, es wird also jedesmal nur eine trichterförmige Vertiefung in der Richtung des Fahrwassers, keineswegs aber eine zusammenhängende Rinne ausgehoben. Beim Entleeren des Baggers werden die in Ketten hängenden Bodenklappen mit der Hand geöffnet.

Sobald das Fahrzeug an die Stelle gebracht ist, wo es arbeiten soll, wird es vor dem Hauptanker gegen den Strom gelegt, während man zugleich einen leichten Anker in entgegengesetzter Richtung ausbringt. In dieser Lage hindert es am wenigsten die vorbeigehenden Schiffe, und bei passender Stellung des Ruders scheert es auch etwas seitwärts.

Die Baggermaschine mufste so angeordnet werden, dafs sie nicht leidet, wenn sie bei der Wellenbewegung sich abwechselnd hebt und senkt, wobei also die Leitern auf den Grund aufstofsen. Die herabreichenden Theile bestehn daher zum Theil in flexibeln Gummiröhren. Die Anordnung scheint folgende zu sein.*)

Zwei Kreiselpumpen heben in schräge herabgehenden Steigröhren zu beiden Seiten des Schiffs das Wasser mit der darin schwebenden Erde und dem Sande. Beide befinden sich im Schiff und ihre horizontalen Achsen liegen 2,7 Fufs über Wasser, während die etwa 1 Fufs weiten Steigröhren zunächst durch die Schiffswände treten, alsdann in Quadranten gekrümmt sind und im Abstande von etwa 30 Fufs die Saugköpfe tragen. Mit diesen

*) Exposition universelle à Paris 1878. Notice des Modèles, Cartes et Dessins rélatives aux travaux des ponts et chaussées. — Auch sind einige Skizzen von Herrn Baensch in der Zeitschrift für Bauwesen 1879, Seite 519, mitgetheilt.

Digitized by Google

Röhren sind die Injectionsröhren verbunden, und beide können wie Baggerleitern gehoben oder auch bis auf 27 Fufs herabgelassen werden.

Zwei andre Kreiselpumpen schöpfen Wasser aus der See und treiben dasselbe in einen gemeinschaftlichen Windkessel mit $2^1/_2$ bis 3 Atmosphären Ueberdruck. Durch letztern werden die beiden bereits erwähnten Injectionsröhren gespeist, die gleichfalls bis zum Saugekopf herabgehn. Neben demselben spaltet sich jede dieser Röhren in vier kleinere, drei von diesen umgeben in gleichen Abständen den abwärts gekehrten Saugekopf, lockern also unter ihm den Boden auf, während die vierte in die Achse der Saugeröhre tritt und aufwärts gerichtet ist, so dafs durch einen starken Wasserstrahl das Ansteigen des Wassers mit dem darin schwebenden Material befördert wird.

Sobald das Fahrzeug festgelegt ist, werden durch Dampfwinden die beiderseitigen Röhren so weit herabgelassen, dafs die Saugeköpfe sich auf den Grund legen. Durch die ersten Kreiselpumpen werden 800 Cubikfufs Wasser in der Minute gefördert, diese fliefsen durch Roste in die erwähnten Brunnen. Die Roste sind nothwendig, da nicht selten Steine bis zum Gewicht von 4 Pfund mit dem Wasser auftreiben, die beim Herabfallen die Wände der Brunnen und die Klappen beschädigen könnten. Die Brunnen füllen sich schnell an und das Wasser fängt an, über Bord abzufliefsen. Der Gehalt an Sand und Erde ist Anfangs ein sehr geringer und beträgt nur 2 bis 3 Procent. In dem Maafse, wie der Saugekopf herabsinkt, vergröfsert sich aber der Gehalt an Sand und steigert sich auf 30, zuweilen aber, wenn tiefe Trichter im Boden gebildet sind, sogar auf 40 Procent. Alsdann werden die feinern thonigen oder sonstigen erdigen Theilchen so vollständig ausgewaschen und über Bord gespült, dafs nur reiner Sand in den Brunnen zurückbleibt. Mit der Tiefe des Trichters vergröfsert sich die Gefahr, dafs der von den Seitenwänden herabstürzende Boden den Saugekopf ganz verschüttet. Es ist daher nothwendig, die austretende Masse fortwährend zu beobachten, und sobald der Gehalt an Sand sehr grofs wird, sogleich den betreffenden Saugekopf etwas anzuheben, worauf er wieder herabgelassen wird. Dasselbe mufs auch geschehn, wenn der Saugekopf vollständig verschüttet werden sollte und alsdann

Digitized by Google

die Wirkung der Pumpe ganz aufhört. In diesem Fall trägt das aufwärts spritzende Wasser wesentlich dazu bei, jene Pumpe bald wieder in Thätigkeit zu setzen.

Die erwähnten trichterförmigen Löcher werden in einer Stunde unter günstigen Verhältnissen etwa 6 Fuſs tief, und alsdann verlegt man das Schiff ungefähr 60 Fuſs weiter. In der Minute werden durchschnittlich 80 bis 90 Cubikfuſs Sand, und mit Rücksicht auf die vielfachen unvermeidlichen Unterbrechungen in der Stunde $15\frac{1}{2}$, unter besonders günstigen Verhältnissen sogar 26 Schachtruthen gehoben.

Bei halber Fluth pflegt der Bagger herauszugehn und 1 Stunde vor halber Ebbe hat er gewöhnlich die volle Ladung eingenommen. Zur Zeit der todten Fluthen, also wenn die Ebben nicht so tief herabsinken, kann er schon früher ausgehn und alsdann gelingt es zuweilen, ihn in einer Fluthperiode zweimal zu befrachten. Bei Stürmen arbeitet der Bagger nicht, wohl aber während der Nacht, doch ist es in diesem Fall nothwendig, die Besatzung hinreichend zu verstärken, damit die erforderlichen Ablösungen erfolgen können.

Der Wellenschlag ist am wenigsten hinderlich, wenn die Richtung der Wellen mit derjenigen der Strömung übereinstimmt, oder ihr direct entgegengesetzt ist. Alsdann kann die Arbeit noch fortgehn, wenn auch die Wellenhöhe, oder die Niveaudifferenz zwischen dem obern und untern Scheitel 3 Fuſs mifst. Kreuzen sich dagegen die beiden Richtungen, so muſs schon bei einer Wellenhöhe von wenig über 1 Fuſs die Baggerung unterbrochen werden. Auffallend ist es, daſs bei ganz ruhiger See die Leistungen geringer sind, als bei einiger Bewegung, und die günstigsten Erfolge erreicht man, wenn der Wind aufhört und eine schwache Dünung von etwa 1 Fuſs Höhe dauernd anhält.

In den Häfen der Vereinigten Staaten und namentlich in den davor freiliegenden Fahrwassern werden die Kreisel-Bagger in der Art benutzt, daſs sie nicht vor Anker gehn, vielmehr diese Fahrwasser durchlaufen und sie dabei vertiefen. Dabei soll der wesentliche Vortheil eintreten, daſs selbst mäſsiger Wellenschlag nicht hinderlich ist.*) Die Saugeröhre, in der das Wasser mit

*) Notice sur les divers procédés de dragage employés dans les ports de l'Amérique du Nord par M. Lavoinne. Annales des ponts et chaussées. 1880, I., pag. 161.

Digitized by Google

dem Sande durch die auf dem Deck befindliche Kreiselpumpe heraufgezogen wird, hängt neben dem Ruder, etwa 30 Grad gegen den Horizont geneigt, bis zum Grund herab, und unmittelbar hinter ihrer Mündung befindet sich ein etwa $2^1/_2$ Fufs langer und breiter Rahmen mit einigen Reihen vortretender eiserner Zinken, die bei der Bewegung des Bootes den Grund angreifen, und den Sand in das aufgesogene Wasser treten lassen. Zuweilen wird der Rahmen noch mit einem Blech überdeckt, um den Zufluſs des reinen Wassers von oben und von der Seite zu verhindern.

In dem Boot selbst, das mittelst zweier Schaufelräder durch die Dampfmaschine getrieben wird, befinden sich drei grofse Behälter, die den geschöpften Sand mit dem Wasser aufnehmen, Letzteres aber in bestimmter Höhe abflieſsen lassen. Sobald diese gefüllt sind, wird die Saugeröhre nebst dem Rahmen aufgehoben und das Boot geht an die zum Ausschütten bestimmte Stelle, wo diese Behälter durch Boden- oder Seitenklappen sich entleeren. Die Saugeröhre wird aber, sobald man die Kreiselpumpe anhält, an ihrem untern Ende durch ein Ventil geschlossen, so daſs sie vollständig gefüllt bleibt und die Wirksamkeit der Maschine immer sogleich beginnt, indem das Wasser in der leeren Röhre erst nach einiger Zeit bis zur Kreiselpumpe ansteigen würde.

Eine Maschine dieser Art auf einem 180 Fufs langen eisernen Schiff wurde 1877 in der Mündung des Mississippi benutzt. Die 2 Fufs weite Saugeröhre war so lang, daſs sie bei jener Neigung noch 27 Fufs tief den Boden angriff.

Ein andrer Pumpen-Bagger, den man gleichfalls bereits vielfach und zwar mit günstigem Erfolg benutzt hat, ist der sogenannte pneumatische Bagger. Derselbe zeichnet sich dadurch aus, daſs er, abgesehn von einer Druckpumpe, keine Maschine, sondern nur Dampfkessel und Ventile enthält, die aus freier Hand geschlossen und geöffnet werden. Bevor indessen zur Beschreibung desselben übergegangen werden kann, muſs eine Vorrichtung zur leichten Entleerung der Baggerprahme erwähnt werden, die vielleicht Veranlassung zur Erfindung dieses Baggers gegeben hat.

Bei Austiefung der Docks in Millwall benutzte Duckham grofse Blechcylinder, ähnlich den Dampfkesseln, in welche er

Digitized by Google

mittelst Trichter das durch gewöhnliche Bagger gehobene Material einfliefsen liefs. Diese Cylinder, an beiden Enden durch Halbkugeln geschlossen und so dicht vernietet, dafs sie selbst bei starkem Druck weder Luft noch Wasser ausströmen liefsen, hielten bis 30 Schachtruthen, und lagen zu zweien neben einander im Dampf-Bagger selbst, der mit einer Eimerkette in der Mitte versehn, sie unmittelbar füllte. Zuweilen lagen auch zwei solche Cylinder von geringeren Dimensionen in einem Prahm und nahmen alsdann durch Seitenrinnen die Erde oder den Sand auf, der aber immer reichlich mit Wasser gemengt sein mufste. War ein Cylinder gefüllt, so wurde die Zuleitungsöffnung, wie ein Mannloch, luftdicht geschlossen. Hierauf setzte man eine Luftpumpe in Bewegung, die in einem Windkessel, der mit den Cylindern in Verbindung stand, einen starken Druck erzeugte. Ergab alsdann das Manometer genügende Spannung, so öffnete man im Boden des Cylinders die Verbindung mit Röhrenleitungen, die sich zuweilen bis 400 Fufs auf das Ufer erstreckten. Durch diese flofs der gehobene Schlick ab, und diente in gleicher Weise zur Erhöhung der niedrigen Flächen, als wenn man ihn dahin verkarrt hätte. Es wird gesagt, dafs dieselbe Masse, deren Verkarrung früher drei Stunden in Anspruch nahm, nunmehr in 22 Minuten beseitigt wurde.

Befanden sich die Cylinder im Baggerschiff selbst, so wurde die Dampfmaschine, welche die Baggermaschine und die Schraube trieb, auch zur Bewegung der Luftpumpe benutzt, andern Falls konnte eine Locomobile auf den Prahm, oder wenn die Ausladung immer an gleicher Stelle erfolgte, auch auf das Ufer gestellt werden.

Bei dem pneumatischen Bagger wird nicht nur das bereits gehobene Material durch den Luftdruck weiter gefördert, sondern dasselbe wird in gleicher Weise auch aus der Tiefe in den Bagger gebracht. Aufserdem wird dabei die Luftpumpe umgangen, indem der stark gespannte Dampf schon dieselbe Wirkung wie die comprimirte Luft äufsert. Durch diesen läfst sich aber auch ein nahe luftleerer Raum darstellen, indem man ihn durch Einspritzen von kaltem Wasser condensirt, und der Druck der atmosphärischen Luft verursacht alsdann das Aufsteigen der Erde oder des Sandes aus der Tiefe.

Digitized by Google

Der Ingenieur Newton hatte ein Patent auf diesen Bagger genommen und ein solcher wurde im Lincoln Park (wahrscheinlich bei Chicago) versucht. Er hob aus der Tiefe von 13 bis 14 Fufs Sand, Kies und selbst kleine Steine, und förderte zugleich das Material etwa 70 Fufs weit auf das Ufer. Dabei arbeitete er so schnell, dafs seine Leistungen die höchste Verwunderung bei den Zuschauern erregten, während nur 4 Mann zu seiner Bedienung erforderlich waren. Fig. 263 *a*, *b* und *c* auf Taf. XLVI zeigt im Allgemeinen die Anordnung in zwei Seitenansichten und in einer Ansicht von oben.

Ein hölzerner Prahm trägt die Maschine. Derselbe ist aber mit einem Schlitz versehn, durch den die Saugeröhre niedergelassen wird, welche das Material hebt.

Zum Feststellen des Prahms wird dem Schlitz gegenüber ein Ankerpfahl in einer Führung zwischen zwei Stielen herabgelassen, der durch sein Gewicht schon hinreichend tief eindringt, also nicht eingerammt werden darf. Soll derselbe später wieder gehoben werden, so geschieht dieses durch die Dampfmaschine. Aufserdem wird der Prahm durch zwei Seitentaue gehalten, mittelst deren er um diesen Pfahl gedreht werden kann, so dafs in weiterer Ausdehnung die Vertiefung erfolgt.

Zu beiden Seiten des Schlitzes stehn die sogenannten Vacuumcylinder, die jedoch nach oben etwas verjüngt sind und von denen jeder 75 Cubikfufs faſst. Nach den wenig detaillirten Zeichnungen in den Engineering-News scheinen sie, wie grofse Fässer, aus Holzdauben zusammengesetzt und mit Eisenringen umgeben zu sein. Um sie zu füllen, wird der darin befindliche Dampf, der Behufs ihrer Entleerung vorher hineingelassen war, durch Einspritzen kalten Wassers condensirt, und dadurch in ihnen ein nahe luftleerer Raum erzeugt. Indem derjenige Cylinder, in welchem dieses geschieht, mit dem bis zur Sohle des Sees herabreichenden Saugerohr in Verbindung gesetzt wird, so dringt durch letzteres das reichlich mit Sand vermengte Wasser in ihn hinein. In dieser Art wird also das Material gehoben.

Die Saugeröhre, die 18 Zoll weit ist, tritt rechtwinklig aus einer eben so weiten horizontalen Röhre zwischen beiden Cylindern aus, und durch Schiebeventile kann sie beliebig mit jedem derselben in Verbindung gesetzt, oder gegen ihn abgeschlossen werden.

Digitized by Google

Diese Röhre ist aber mit zwei Stopfbüchsen versehn, so dafs ihr mittlerer Theil mit der Saugröhre gedreht, also letztere gehoben und gesenkt werden kann. Auch die Saugeröhre selbst enthält eine Stopfbüchse, in welcher man den untern Theil nicht nur drehn, sondern nach Maafsgabe der darzustellenden Tiefe auch beliebig verlängern kann, wie dieses in gewöhnlichen Fernröhren geschieht.

An der Saugeröhre befindet sich noch eine andre Röhre, die mittelst eines Gummischlauchs mit einer kräftigen Druckpumpe verbunden und bis zur untern Mündung von jener herabgeführt ist. Durch diese werden drei starke Wasserstrahlen, nämlich einer unter der Mündung und zwei zu beiden Seiten derselben ausgespritzt, wie in Fig. *b* durch die punktirten Linien angedeutet ist. Diese Wasserstrahlen greifen den davor liegenden Sand stark an, so dafs er herabfällt und zugleich mit dem Wasser in das Rohr und durch dieses in den Vacuum-Cylinder tritt. Die Saugeröhre hängt während des Baggerns nahe lothrecht herab, beginnt man aber die Arbeit an einer Stelle, wo die hierzu erforderliche Tiefe noch nicht vorhanden ist, so dreht man die Röhre, ehe sie herabgelassen wird, so weit, dafs ihre Mündung sich nach unten kehrt. Indem sie alsdann sich selbst überlassen bleibt und die Druckpumpe in Thätigkeit gesetzt wird, so treibt das austretende Wasser den darunter liegenden Grund fort, und die Röhre stellt sich bald senkrecht, worauf die eigentliche Baggerung beginnt.

Sobald ein Cylinder gefüllt ist, würde der Inhalt desselben bei Darstellung der Verbindung mit der etwas tiefer liegenden Abflufsröhre schon sich in diese ergiefsen, damit dieses aber kräftiger geschieht, und das gehobene Material in weitere Entfernung geführt wird, so läfst man noch stark gespannten Dampf hineintreten.

Die 15 Zoll weiten Abflufsröhren der beiden Cylinder vereinigen sich in der Mitte des Prahms und am Ende desselben setzen sie sich in die drehbare weitere Leitung fort. Eine eben so weite, 40 Fufs lange Röhre wird durch eine Kette unterstützt, die von einem durch verschiedene Spannketten gehaltenen Baum herabreicht. Wenn aber diese Leitung noch nicht die nöthige Länge hat, um den ausgehobenen Sand an die dafür bestimmte Stelle zu bringen, so kann man sie noch um 80 Fufs verlängern,

Digitized by Google

doch mufs für die gehörige Unterstützung dieser ferneren Leitung besonders gesorgt werden.

Nach den Mittheilungen in dem erwähnten amerikanischen Journal (vom 27. Mai 1876) sollen in 1 Minute neun bis zehn Cylinder gefüllt und entleert sein, hiernach würde jeder derselben in 12 bis 14 Secunden einmal in Thätigkeit gesetzt werden. Dabei sollen in derselben Zeit 500 bis 650 Cubikfufs gefördert werden, die 30 bis 40 Procent Sand und Kies enthalten. Durchschnittlich wären also in der Minute 1,4 oder in der Stunde 84 Schachtruthen Material gehoben, während $2^1/_2$ bis 3 Tons oder 50 bis 60 Centner Kohlen täglich verbraucht wurden. Die Druckpumpe soll 30 Cubikfufs Wasser unter dem Druck von 130 Pfund auf den Quadratzoll in 1 Minute ausgegossen haben.

Vorstehende Angaben beziehn sich auf Englisches Maafs und Gewicht. Wenn aber diese Leistungen auch nicht dauernd erreicht sind, so waren doch 1876 mehrere Bagger dieser Art an verschiedenen Orten in den Vereinigten Staaten in Thätigkeit und ihre aufserordentliche Wirksamkeit wurde von den auswärtigen Ingenieuren anerkannt, die zur Ausstellung hinübergekommen waren.

Es ist bereits mitgetheilt, dafs man auf demselben Schiff, welches die Baggermaschine trägt, zuweilen auch die Räume anbringt, in welche der gehobene Boden zunächst abgelagert wird. Diese Räume, mit schrägen Wänden eingefafst und unten mit Klappen versehn, die man später öffnet, um den Sand oder die Erde ausfallen zu lassen, haben in ihrer Form einige Aehnlichkeit mit Mühlentrichtern, woher man, nach der Englischen Benennung der letztern, diese Art von Baggerfahrzeugen auch bei uns Hopper-Bagger nennt. Sie müssen, um bedeutende Ladungen aufzunehmen, gröfser als die gewöhnlichen Bagger sein, und zu diesem Zweck giebt man ihnen gröfsere Längen, wodurch noch der Vortheil erreicht wird, dafs sie bei etwas bewegtem Wasser ruhiger liegen. Aufserdem meint man, dafs sie auch aus einem andern Grund bei einigem Wellenschlag noch ohne Nachtheil länger in Thätigkeit erhalten werden können, nämlich insofern kein Prahm an ihre Seite gelegt werden darf, der beim Gegenstofsen selbst leidet, oder das Baggerschiff beschädigt. Dieser Vorzug ist indessen wohl zweifelhaft, namentlich bei Baggern mit geneigter Eimerleiter, da wegen des Stofsens der Letztern gegen

Digitized by Google

den Boden bei derselben Stärke des Seegangs schon die Arbeit unterbrochen werden mufs.

Diese Bagger sind jedesmal mit Schrauben versehn, die von den Dampfmaschinen getrieben werden, wenn die Baggermaschinen nicht arbeiten. Dieses ist auch nothwendig, damit sie mit Leichtigkeit und ohne grofsen Zeitverlust zu den Löschstellen gelangen und von diesen wieder zurückkehren können. Nichts desto weniger dürften solche vielfache Unterbrechungen doch höchst nachtheilig sein, besonders wenn die See nur selten sich soweit abstillt, dafs der Bagger arbeiten kann. Ein in Elbing für Riga erbauter sehr kräftiger Hopper-Bagger, der etwa 200 Fufs lang war, faſste in den Laderäumen 100 Schachtruthen, während die Eimer bei gewöhnlicher Füllung $9\frac{1}{2}$ Cubikfufs förderten. Hiernach dürfte derselbe etwa in 2 Stunden seine volle Ladung haben, wenn aber auch keineswegs jedesmal die Anker gehoben, vielmehr nur die Ketten gelöst werden, so ist kaum anzunehmen, dafs er in einer Stunde abgefahren, gelöscht und wieder vollständig verankert werden könnte. Sonach wird wohl der dritte Theil der Zeit, oder vielleicht die Hälfte derselben für die eigentliche Baggerarbeit verloren, während die oben beschriebenen Bagger, wenn die hinreichende Anzahl von Prahmen vorhanden ist, ununterbrochen in Thätigkeit bleiben. Aus diesem Grund haben die Hopper-Bagger bisher auch wohl nur in solchen Häfen Eingang gefunden, wo ein starker Fluthwechsel stattfindet, also schon deshalb die Arbeit sich auf wenige Stunden beschränkt.

§ 82.

Bagger-Prahme.

Die Fahrzeuge, in welche der Bagger das gehobene Material schüttet, sind gemeinhin so geformt, dafs sie eine grofse Tragfähigkeit bei geringem Tiefgang besitzen, während auf ihre leichte Beweglichkeit wenig Rücksicht genommen wird. Aus diesem Grund werden sie mit flachem Boden versehn und vorn wie hinten nur wenig zugeschärft, oder auch ganz stumpf abgeschnitten. Ihre Grundfläche bildet im letzten Fall ein rechtwinkliges Parallelogramm. Die beiden langen Seiten desselben erheben sich loth-

Digitized by Google

recht, während die kurzen Seiten flach geneigt sind. Zuweilen werden aber auch die kurzen Seiten lothrecht gestellt und der Prahm nimmt alsdann vollständig die Kastenform an. Nur wenn das Material auf weite Entfernung verfahren werden mufs, empfiehlt es sich, den Prahmen eine Form zu geben, die sich derjenigen der Schiffe nähert und die den Widerstand vermindert, den das Wasser ihrer Bewegung entgegensetzt.

Aufserdem unterscheiden sich die Bagger-Prahme noch insofern, als sie theils mit festen und dichten Wänden und Böden, theils aber mit Oeffnungen in diesen versehn sind, die mittelst Klappen geschlossen werden und durch die ihre Ladung verstürzt wird. Dieses Verstürzen erfolgt jedesmal, wenn dazu Gelegenheit sich bietet, und wenn nicht etwa die Baggererde anderweit verwendet werden soll. Man erreicht dabei den grofsen Vortheil, dafs die bedeutenden Kosten des Verkarrens der Erde erspart werden, die sich meist höher, als die der eigentlichen Baggerung stellen.

Es mag zunächst von den dichten Prahmen die Rede sein, also von solchen, aus denen die Ladung mittelst Schaufeln ausgehoben wird. Diese haben gemeinhin die in Fig. 219 *a* und *b* auf Taf. XLIII im Durchschnitt und in der Ansicht von oben dargestellte Form. Ihre Länge mifst selten mehr als 24 bis 30 Fufs, während ihre Breite sich auf 12 bis 14 Fufs und ihre Höhe auf 3 bis 4 Fufs beschränkt. Bei diesen mäfsigen Dimensionen, und da sie überdiefs nur in ruhigem Wasser benutzt werden, bedürfen sie nicht einer so festen Construction, wie andre Fahrzeuge. Obwohl daher einige Kniestücke nicht zu fehlen pflegen, um die Seitenwände mit dem Boden zu verbinden, so erfolgt ihre ganze Zusammensetzung doch mehr nach der Bauweise des gewöhnlichen Zimmermanns, als der des Schiffbauers. Jedenfalls mufs sowohl der Boden, wie die Wände in den Fugen gedichtet und mit Pech vergossen sein, damit das Wasser von aufsen nicht hineindringt. Aufserdem ist es nothwendig, dafs der Boden des Laderaums recht eben und nicht durch viele vortretende Inhölzer unterbrochen ist, weil sonst das Ausheben der Erde zu mühsam wird, oder ein grofser Theil derselben darin bleibt. Auch die Zwischenwände oder die Schotten, welche den Laderaum von den beiden prismatischen Seitenräumen

Digitized by Google

scheiden, werden abgedichtet, damit die letztern sich nicht mit dem Wasser füllen, welches der Bagger zugleich mit der Erde einwirft. Diese Seitenräume haben aber vorzugsweise den Zweck, dafs sie den beladenen Prahm schwimmend erhalten, auch stehn darin die Arbeiter, während sie den Prahm nach dem Löschplatz bewegen. Dieses geschieht entweder mittelst Schiebstangen, oder noch vortheilhafter an Leinen, die vom Bagger aus nach dem Löschplatz gezogen sind, und meist so schlaff herabhängen, dafs sie von den darüber gehenden Schiffen nicht berührt werden. Die Arbeiter, welche den Prahm führen und denselben zugleich auskarren, erhalten gemeinhin nicht Taglohn, sondern werden nach der Anzahl der Prahme bezahlt, die sie abgeschoben und entleert haben. Dabei mufs eine einfache Controle über die jedesmalige Ladung eingeführt sein, und diese ist am leichtesten dadurch zu erreichen, dafs man jeden Prahm mit einem scharf markirten Strich auf der Aufsenfläche jeder Langseite versieht. Dieser bezeichnet die gröfste, noch gefahrlose Einsenkung. Jeder Prahm bleibt demnach so lange unter dem Bagger, bis dieser Strich die Oberfläche des Wassers berührt. Dabei mufs aber für die gleichmäfsige Vertheilung der Ladung noch durch Verschieben derselben gesorgt werden, doch wird dieses entbehrlich, wenn man wie beim Pferde-Bagger die Ladung immer in die Querachse des Prahms fallen läfst, und den Prahm zur gehörigen Zeit umwendet. Aufserdem ist auch dafür zu sorgen, dafs nicht etwa grofse Wassermassen mit abgefahren werden, vielmehr sind diese sogleich über Bord zu schöpfen. Endlich mufs man auch darauf aufmerksam sein, dafs der Prahm, sobald er zum Bagger zurückgeführt wird, vollständig entleert ist.

In den Niederlanden ist es üblich, bei den kleinern Prahmen, welche durch Hand-Bagger gefüllt werden, und in welchen daher die Ladung sich sehr gleichmäfsig vertheilen läfst, den Wänden des Laderaums eine geringere Höhe zu geben, als denjenigen der Seitenräume. Fig. 220 zeigt diese Anordnung. Diese Prahme werden soweit beladen, dafs das äufsere Wasser so eben über die mittlern Wände hinüberspielt. Ob dieses geschieht, läfst sich leichter erkennen, als das Eintauchen jenes Strichs. Aufserdem wird dabei noch der Vortheil erreicht, dafs die Einsenkung, sobald die erwähnte Marke erreicht ist, nicht mehr von der Quantität

Digitized by Google

des mit der Erde zugleich geschöpften Wassers abhängt, letzteres sich vielmehr mit dem äufsern ins Niveau stellt und sonach nur die Erde oder der Sand mit dem Ueberschuss des Gewichts derselben über das des verdrängten Wassers den Prahm belastet. Die beiden Seitenräume heben den Prahm in der Art, dafs er nicht bis an den Rand eintauchen kann, wenn man ihn allein mit Wasser füllt. Er sinkt nur zu dieser Tiefe hinab, wenn die Ladung in einer specifisch schwereren Masse besteht, die aber auch einen Theil ihres Gewichts verliert, sobald das Wasser im Innern sich mit dem äufsern ins Niveau setzt. Beim Ausladen braucht man nur einen Theil der Erde abzustechen, alsdann heben sich die Wände über Wasser, und der fernere Zufluſs von aufsen hört auf. Sobald dieses geschieht, mufs aber das Wasser, wo es sich stellenweise über der Erde angesammelt hat, ausgeschöpft werden, weil sonst das Abstechen zu schwierig sein würde.

In England und Schottland und namentlich bei der Vertiefung der Clyde sah ich wiederholentlich Bagger-Prahme im Gebrauch, die von den beschriebenen sich wesentlich dadurch unterscheiden, dafs die Ladung nicht auf den Boden, sondern auf ein festes und wasserdichtes Deck des Prahms aufgebracht wurde, um welches rings umher etwa 12 Zoll hohe Bohlen aufgestellt waren, die das Herabfallen der Erde verhinderten. Diese Anordnung ist insofern zweckmäfsig, als das vom Bagger geschöpfte Wasser unter diesen Bohlen sogleich abfliefst, also der Prahm durch dasselbe nicht belastet wird. Auch das Auskarren der Erde wird wegen der gröfsern Höhe, in der dieselbe bereits liegt, oft wesentlich erleichtert. Die Erde mufs freilich in diesem Fall durch den Bagger etwas höher gehoben werden, indem sie vielleicht 2 Fufs über Deck gelagert wird, während sie in jenen Prahmen nur so eben über die Wände gebracht werden durfte. Diese gröfsere Hebung veranlafst indessen bei passender Einrichtung des Baggers weniger Kosten, als wenn das Heben beim Füllen der Karren durch Menschenkraft geschieht. Der Umstand, dafs bei den auf diese Art beladenen Prahmen der Schwerpunkt etwas höher liegt, und dadurch die Stabilität vermindert wird, kommt nicht in Betracht, insofern die grofse Breite der Fahrzeuge das Umschlagen derselben verhindert.

Auf der Clyde hatten diese Prahme die Form von recht-

Digitized by Google

winkligen Parallelopipeden. Sie waren ungefähr 24 Fufs lang und 12 Fufs breit, und sowohl die längern, wie die kürzern Wände standen senkrecht gegen den Boden. Beim Transport wurden bis zwanzig derselben durch Ketten ziemlich fest verbunden, so dafs immer je zwei neben einander schwammen. Vor dieselben schob man aber einen Prahm, der die doppelte Breite hatte und vorn zugespitzt war, wie Fig. 221 zeigt. An diesen war das Schlepptau des Dampfboots befestigt, und so bildeten die sämmtlichen angehängten Prahme gleichsam ein grofses Schiff, das mit dem scharfen Bug das Wasser seitwärts wies und dadurch den Widerstand verminderte.

Die Arbeiten an der Clyde, von denen im zweiten Theil dieses Handbuchs § 49 ausführlich die Rede gewesen ist, bezogen sich keineswegs allein auf die Beseitigung der vorhandenen Untiefen, sondern man bemühte sich auch, den Strom mit regelmäfsigen und festen Ufern zu versehn, damit die starken Fluth- und Ebbeströmungen das Fahrwasser ausbilden und die Tiefe darin erhalten möchten. Die Regelmäfsigkeit der Ufer ist freilich nur in geringem Grade erreicht.

Es kam vielfach darauf an, neue Ufer zu bilden, und wenn zu diesem Zweck auch Buhnen erbaut wurden, so ging man doch meist hiervon bald ab und stellte die beabsichtigten Uferlinien durch unmittelbare Anschüttung dar. Hierzu wurde die Baggererde benutzt, und die erwähnte Einrichtung der Prahme bot dazu so bequeme Gelegenheit, dafs die Entleerung derselben beinahe eben so schnell erfolgte, als wenn dieses durch Bodenklappen geschehn wäre. Man hob nämlich nur einige Bohlen aus, welche das Deck umschlossen, und schob die Erde über Bord, indem man, so weit es nöthig war, die höheren Wasserstände der Fluth benutzte.

In andern Fällen wurde die Erde auf die Ufer geschafft, alsdann waren Eisenbahnen auf das Watt geführt und bei höherem Wasserstand legten sich die Prahme an die Wagen, und die Ladung wurde übergeschoben, während eine stehende Dampfmaschine die Wagen zurückzog. Dieselben Prahme wurden auch benutzt, um vortretende Uferecken fortzuschaffen. Man legte sie in diesem Fall bei beginnender Ebbe auf die zu vertiefende Stelle, und belud sie, sobald der Boden umher trocken war, mit

Digitized by Google

der alsdann ausgegrabenen Erde. Bei der Fluth schwammen die Prahme wieder auf und wurden in die nächsten Buchten geführt, die man verfüllen wollte. Diese verschiedenen Arbeiten sah ich im Jahr 1852 in lebhaftem Betrieb.

Von grofser Bedeutung ist die Frage, in welcher Weise man am schnellsten und mit den geringsten Kosten die Erde aus den Prahmen beseitigen kann. Das Mittel, welches sich hierzu am meisten eignet, ist ohne Zweifel das Verschütten der Ladung durch Boden- oder Seitenöffnungen. Hierzu findet sich jedoch häufig nicht Gelegenheit, indem es in der nähern Umgebung keine Wasserfläche von hinreichender Tiefe giebt, die man verfüllen darf. In diesem Fall pflegt man die Erde mittelst Schippen auszuheben und in Karren zu werfen, worauf diese durch Menschen fortgeschoben werden. Die Anwendung der Eisenbahnen gewährt in dem eigentlichen Transport wesentliche Erleichterungen, namentlich wenn die Entfernungen bedeutend sind. Dabei tritt indessen der Uebelstand ein, dafs gemeinhin mit dieser Erde nicht etwa tiefe Gründe ausgefüllt, vielmehr weite ebene Flächen erhöht werden sollen, woher keine anhaltende Verstürzungen an demselben Punkt stattfinden, sondern nach kurzer Zeit die Stelle, wo die Ablagerung erfolgen soll, immer gewechselt werden mufs. Die Anwendung leichter Schienen dürfte sich in diesem Fall besonders empfehlen, weil das Verlegen derselben am wenigsten Mühe macht.

Im Hafen Stolpmünde, wo die Ablagerung der Baggererde ganz besondere Schwierigkeiten veranlafst, weil das Thal des Flusses sehr schmal ist, und in demselben allein der culturfähige Boden sich befindet, der nicht mit dem aus dem Hafen gehobenen Sande überdeckt werden durfte, sah man sich gezwungen, das Material zwischen den Dünen und zwar in die daselbst vorhandenen tieferen Schluchten zu verstürzen. Dasselbe mufste daher etwa 30 Fufs über den Wasserspiegel gehoben und über 100 Ruthen vom Hafen entfernt werden. Einzelne Schluchten boten alsdann den nöthigen Raum, um alles Material abzulagern, das in einem Jahr gebaggert wurde. Unter diesen Umständen war die Einrichtung einer Eisenbahn sehr zweckmäfsig, und eine solche wurde bis zu dem Punkt, wo die Verstürzung beginnen konnte, verlegt, während sie bei weiterer Ausdehnung der Auf-

Digitized by Google

schüttung verlängert werden mufste. Der Betrieb erfolgte durch Pferde.

Im Hafen Neufahrwasser hatte man im Jahr 1838 zu gleichem Zweck statt der gewöhnlichen Eisenbahn eine sogenannte schwebende oder Palmersche erbaut. Eine solche war gewählt, weil die Anlagekosten derselben sich bedeutend niedriger stellten, und weil der ausgehobene Boden so wenig consistent war, dafs gewöhnliche Schienen auf Eisenbahnschwellen in denselben versunken wären. Es wurden daher Pfähle eingerammt, welche auf einem Holm die Schiene trugen. Da aber eine Verlegung der Bahn unmöglich war, so erbaute man sogleich mehrere Bahnen, die sich normal gegen das Ufer in mäfsigem Abstand von einander hinzogen. Man erreichte hierdurch den Vortheil, dafs der ausgebrachte Schlamm die zwischenliegenden Flächen ziemlich gleichmäfsig überfloss. Die Bahn setzte sich auf einer Rüstung soweit in den Hafen fort, dafs der beladene Prahm darunter fahren konnte. Jeder Wagen trug zwei an den Seiten hängende Kasten, die zusammen 45 Cubikfufs Schlamm oder Sand fafsten. Mittelst einer Windevorrichtung wurden grofse Eimer, die im Prahm gefüllt waren, neben jenen Kasten gehoben, und in diese entleert, indem sie seitwärts umschlugen. Hatte ein Wagen seine Ladung eingenommen, so setzten ihn drei darauf stehende Arbeiter mittelst Curbeln in Bewegung und führten ihn bis zu der Stelle, wo er entladen werden sollte. Letzteres geschah sehr einfach dadurch, dafs man die Haken zurückschlug, welche die Böden beider Kasten geschlossen hielten, worauf ihr Inhalt herabstürzte. Obwohl diese Einrichtung recht günstige Resultate zu geben schien,*) so ist man doch nach kurzer Zeit davon zurückgekommen.

Man hat mehrfach versucht, das Ueberwerfen der Erde aus dem Prahm in den Eisenbahnwagen durch gewisse mechanische Vorrichtungen zu erleichtern oder dieses auch ganz zu umgehn. Hieher gehört die Anwendung eines Sackes ohne Ende, oder einer mit starker Leinwand überzogenen Kette ohne Ende, die durch eine Dampfmaschine fortwährend um zwei rotirende Trommeln gezogen wird. Die eine dieser Trommeln befindet sich, wie schon im II. Theil dieses

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1841. Seite 56 ff.

Digitized by Google

Handbuchs § 87 mitgetheilt, und daselbst in den Figuren 396 und 397 dargestellt ist, zur Seite des zu entleerenden Prahms und die andre über dem Eisenbahnwagen. Die Leinwand bildet zwischen den beiden Kettensträngen und den Verbindungsbolzen flache Einsenkungen, und wenn in diese die Erde oder der Sand geworfen wird, so steigt derselbe mit der Kette das Ufer hinan und stürzt von der obern Trommel in den darunter stehenden Wagen. In einem kleinen Seehafen ohnfern der Ostsee hatte man sogar auf dem Landungsplatz der Prahme, wo die Eisenbahn zur weitern Beförderung des Materials ihren Anfang nahm, eine zweite vollständige Baggermaschine aufgestellt, welche die Prahme ausbaggern sollte. Dieser Versuch mifsglückte indessen vollständig, da die Baggermaschine sehr bald den Boden des Prahms berührte und ihre Wirksamkeit alsdann aufhörte.

Wichtiger ist ein Versuch, der an der Clyde gemacht war, wie mir in Glasgow mitgetheilt wurde, der aber gleichfalls den erwarteten Vortheil nicht herbeigeführt hatte, und von dem man daher auch bald zurückgekommen war. Man hatte nämlich die Kasten der Eisenbahnwagen auf den Prahm gestellt. Dieselben bestanden aus Eisenblech und ihre Wände waren etwas auswärts geneigt, so dafs sie sich in beiden Richtungen nahe berührten und ihre obern Ränder nur geringe Fugen zwischen sich frei liefsen. In den vier Ecken jedes Kastens waren starke Ringe angebracht, an welchen die gefüllten, wie die leeren Kasten gehoben wurden. Der in dieser Weise besetzte Prahm wurde unter den Bagger geschoben, und das geförderte Material füllte unmittelbar die darunter befindlichen Kasten und sammelte sich über denselben in hohen Haufen an. Während des Transports nach der Ausladestelle sollte die Ladung möglichst gleichmäfsig in alle Kasten vertheilt werden, wobei kein Heben sondern nur ein Verschieben mittelst Rechen und zwar meist in abwärts geneigter Richtung erforderlich war. Die Prahme fuhren alsdann unter die durch eine Dampfmaschine getriebene Hebevorrichtung. Ein Kasten nach dem andern wurde an vier unter einander verbundene und mit Haken versehene Ketten gehängt, aufgehoben und seitwärts auf das Gestell eines Eisenbahnwagens niedergelassen, während dieselben Ketten unmittelbar darauf wieder einen leeren Kasten auf den Prahm stellten. Die Vertheilung der Ladung in sämmt-

Digitized by Google

liche Kasten soll indessen so schwierig gewesen sein, dafs man es vortheilhafter fand, die Ladung aus den Prahmen in die Wagen überzuwerfen.

In ähnlicher Weise wurde auch beim Bau der Eisenbahnbrücke über die Garonne bei Bordeaux die aus den Baugruben der Pfeiler ausgeschachtete Erde in Prahme verladen und aus diesen auf das Ufer gehoben. Auf jedem Prahm standen vier bis sechs Kasten, deren jeder etwa 60 Cubikfufs faſste. Nachdem dieselben gefüllt waren, schob man den Prahm unter die Hebevorrichtung. In die Bügel eines Kastens wurden Ketten eingehakt, und wenn derselbe nahe zur beabsichtigten Höhe aufgewunden war, so griffen zwei aus der Rüstung vortretende Arme gegen seinen obern Rand und stellten ihn schräge. Alsdann schob man eine Rinne darunter, die um eine horizontale Achse gedreht werden konnte, und öffnete die Seitenwand des Kastens, worauf der Inhalt desselben in die Rinne und aus dieser in einen daneben stehenden Eisenbahnwagen fiel. Der Kasten blieb dabei in den Ketten hängen und wurde, nachdem er entleert war, sogleich wieder herabgelassen. Indem alsdann die Ketten an den folgenden Kasten gehakt wurden, so war die Maschine in fortwährender Thätigkeit*).

Die Beseitigung des ausgebaggerten Materials erleichtert sich ungemein, wenn man Klappen-Prahme benutzt, also solche Prahme, die entweder am Boden oder an den Seiten mit Oeffnungen versehn sind, die während des Füllens und des Transports durch Klappen geschlossen werden, sich aber leicht wieder frei stellen lassen, sobald man den Inhalt ausschütten will. Vielfach findet man Buchten oder alte Stromarme, deren Verfüllung in keiner Beziehung Bedenken erregt, bei den Baggerarbeiten in Seehäfen sind indessen gewöhnlich solche nicht vorhanden und es bleibt alsdann nur übrig, den gehobenen Sand in die See zu versenken. Man mufs dabei die Richtung der vorherrschenden Küstenströmung sorgfältig beachten, und die Prahme nach derjenigen Seite des Strandes führen, wo die Verlandungen neben dem Hafendamm am schwächsten sind, oder ganz fehlen. Bei unsern

*) L. Hagen, die Eisenbahnbrücke bei Bordeaux. Zeitschrift für Bauwesen. 1860. Seite 342.

Digitized by Google

Ostseehäfen ist dieses jedesmal die östliche oder die nördliche Seite, weil der vorherrschende Küstenstrom von Westen nach Osten, und vor Ostpreufsen von Süden nach Norden gerichtet ist. Dabei bleibt es freilich noch immer möglich, dafs bei östlichen und nördlichen Winden ein Theil des ausgehobenen Materials wieder in den Hafen treibt. Diese Gefahr ist indessen in sofern nicht von Bedeutung, als der ausgeschüttete Sand von derselben Beschaffenheit ist, wie derjenige, der den natürlichen Strand bildet, und sich auch bald eben so fest ablagert, wie dieser. Ist dieses aber geschehn, so kann der Angriff gegen die Oberfläche der künstlichen Anschüttung keine andre sein, als wenn die Wellen die natürliche Ablagerung darunter träfen.

Wo ein starker Fluthwechsel stattfindet, treten in gewisser Beziehung noch wesentliche Erleichterungen bei diesem Versenken ein. Zunächst wird der Transport der beladenen, wie der leeren Prahme weniger mühsam, und es lassen sich vielleicht die Dampfböte zum Bugsiren ganz entbehren, wenn man die Fluth- und Ebbeströmung gehörig benutzt. Aufserdem kann man zur Zeit des Hochwassers die Prahme auch über solche Watte oder sonstige Gründe bringen, welche wegen ihrer Höhe für Schiffe unzugänglich sind, und deren Anschlufs an die Ufer demnach nichts im Wege steht. Gewifs wird man diese Vortheile immer benutzen, so oft sich dazu Gelegenheit bietet, aber es geschieht nicht leicht, dafs man den ganzen Betrieb der Baggerung hierauf basirt, weil man alsdann entweder eine übermäfsig grofse Anzahl von Prahmen benutzen, oder die Baggerung jedesmal unterbrechen müfste, sobald die vorhandenen Prahme gefüllt sind, die erst in der nächsten Fluthperiode entleert und wieder zurückgebracht werden können. Beim Vertiefen der Docks oder Flotthäfen ist eine solche Berücksichtigung des Fluthwechsels freilich geboten, weil die Dockschleusen nur beim Hochwasser geöffnet, also nur in dieser Zeit die beladenen Prahme aus- und die leeren Prahme eingebracht werden können. Diese Schwierigkeit giebt sich aber immer sehr unangenehm zu erkennen, und man pflegt daher sehr sorgsam darauf zu achten, dafs die Ursachen der Verflachung hier möglichst beseitigt werden, und namentlich der Zufluſs des Wassers, welches erdige Theilchen herbeiführt, soweit es irgend geschehn kann, beschränkt wird. Dabei kommt auch noch

Digitized by Google

der Umstand in Betracht, dafs diejenigen Hochwasser, welche in die Nacht fallen, oder während welcher ein besonders heftiger Seegang stattfindet, zum Durchführen der Prahme nicht benutzt werden können.

Wenn ein Klappenprahm entleert werden soll, so mufs er nicht nur frei schwimmen, so dafs er den Grund nicht berührt, sondern er mafs auch unter seinem Boden soviel Wasser haben, dafs die Klappen aufschlagen können, weil die Erde sonst nicht ausfallen würde. Um Letzteres zu erleichtern, pflegt man die Klappen zu öffnen, während die Prahme in voller Fahrt sind, und es ist sogar üblich, dafs gerade in dieser Zeit das Bugsirboot mit dem ganzen Zug der Prahme eine starke Wendung macht, so dafs letztere nicht nur nach vorn gezogen, sondern in Folge dieser Wendung auch seitwärts getrieben werden. Die Entleerung erfolgt alsdann schneller, als wenn die Prahme still liegen. Wenn aber bei diesen Bewegungen die Klappen den Grund berühren, oder durch den Wellenschlag dagegen gestofsen werden, so brechen sie ab.

Diese Rücksicht ist Veranlassung, dafs man zuweilen die Klappen seitwärts anbringt, wie Fig. 222 *a* und *b* einen solchen Prahm in der Ansicht von oben und im Querschnitt zeigt. Damit die Ladung hinausstürzt, mufs der Boden nach beiden Seiten abfallen. Er wird aber hier nicht durch feste Wände, sondern durch bewegliche Klappen begrenzt, die nach aufsen aufschlagen. Die Figur stellt eine derselben geöffnet dar. Die vier oder sechs Klappen drehn sich in ihren obern Rändern um horizontale Achsen, und ihre untern Ränder reichen, wenn sie geöffnet sind, nicht unter den Boden des Prahms herab. Diese Fahrzeuge werden mit ihren Ladungen nicht nur durch die vorn und hinten befindlichen Luftkasten, sondern auch durch den prismatischen Kasten, der den Boden bildet, getragen. Alle drei sind wasserdicht geschlossen. Diese Anordnung scheint in Amerika die übliche gewesen zu sein, in England und Frankreich, wie auch in Deutschland ist sie wohl nur in einzelnen Fällen und zwar meist bei kleineren Prahmen versucht worden.

Gewöhnlich befinden sich die Klappen in dem Boden, und darüber sind trichterförmig erweiterte Räume angebracht, welche die Ladung aufnehmen. Die äufsern Wände des Prahms

Digitized by Google

begrenzen aber keineswegs diese Laderäume, weil in solchem Fall das Fahrzeug nicht die nöthige Tragfähigkeit besitzen würde. Um diese zu erreichen, sind jene Trichter von allen Seiten und vorzugsweise vorn und hinten mit Luftkasten umgeben. Die Klappen liegen, wenn sie geschlossen sind, in dem Boden des Prahms, und sobald sie sich öffnen, treten sie unter denselben mit ihrer ganzen Breite vor. Hiernach bestimmt sich die geringste Wassertiefe, in welcher die Ladung noch versenkt werden kann. Um diese Tiefe auf das kleinste Maafs zu beschränken, bemüht man sich immer, die Klappen möglichst schmal zu machen. Man bringt daher gewöhnlich in derselben Oeffnung zwei Klappen an, die wie Flügelthüren zusammenschlagen, jedenfalls aber befindet sich die horizontale Drehungsachse in der langen Seite der Klappe. Dieser Achse gegenüber wird jede Klappe durch zwei oder drei Ketten gefafst, mittelst deren man sie wieder aufhebt und geschlossen erhält. Diese Ketten reichen durch den Laderaum hindurch und sind entweder an Hebel befestigt oder um Winden geschlungen, die mittelst Sperrkegel festgestellt werden. In beiden Fällen lassen die Ketten beim Verschliefsen der Oeffnungen sich scharf anziehn, auch kann man sie schnell lösen, sobald die Ladung ausgeworfen werden soll. Wenn aber, wie gewöhnlich, die Windevorrichtung oder die Hebel auf Querbalken ruhn, so geschieht es oft, dafs diese bei voller Ladung durchbiegen, und alsdann die daran hängenden Klappen sich etwas öffnen. In solchem Fall fliefst der Sand oder andrer feiner Boden aus dem Prahm aus, und die Masse, die man in dem letztern fortführt, ist geringer, als diejenige, die man wirklich gehoben hatte. Zur Vermeidung dieses Uebelstands ist es namentlich bei gröfsern Prahmen dringend nöthig, den Querbalken, welche die Ketten halten, hinreichende Stärke zu geben. Sie bestehn gewöhnlich aus gewalzten Trägern. Aufserdem mufs aber auch beim jedesmaligen Verschlufs der Klappen darauf geachtet werden, dafs dieser vollständig erfolgt, und dafs nicht etwa Holzstücke und dergleichen dazwischen liegen.

Wasserdicht ist der Schlufs der Klappen niemals. In den Laderäumen stellt sich daher bei allen Prahmen dieser Art das Wasser stets mit dem äufsern ins Niveau, und sonach beruht die Tragfähigkeit allein auf der Ausdehnung der Luftkasten. Das

Digitized by Google

von dem Bagger zugleich mit der Erde hineingestürzte Wasser belastet nicht solchen Prahm, und selbst die Erde verliert, soweit sie unter dem Wasserspiegel liegt, soviel an Gewicht, als sie Wasser verdrängt.

Früher wurden selbst die gröfsten Baggerprahme in Holz erbaut. Bei den immer mehr gesteigerten Holzpreisen und den sehr kostbaren Ausbesserungen, welche solche Fahrzeuge jährlich erfordern, hat man in neuerer Zeit angefangen, sie in Eisenblech auszuführen. Die Anlagekosten betragen ungefähr das Doppelte der hölzernen, und die längere Dauer hat nach den bisherigen Erfahrungen sich bereits bewährt, wenigstens hat die Unterhaltung und Ausbesserung während ihrer Benutzung so mäfsige Kosten erfordert, dafs diese Aenderung sehr vortheilhaft zu sein scheint.

Fig. 223*a*, *b* und *c* zeigt einen grofsen eisernen Baggerprahm in der Ansicht von oben und im Längen- und Querdurchschnitt. Prahme dieser Art sind in Stettin zur Bedienung des § 80 beschriebenen Baggers erbaut. Sie tragen 10 Schachtruthen Thonboden oder Sand, und sind über Deck gemessen 56, und im Boden 53 Fufs zwischen den Steven lang, oben 18 und im Boden 15 Fufs breit und $6\frac{1}{2}$ Fufs hoch. Der trichterförmige Laderaum in ihrer Mitte hat dieselbe Höhe wie das Fahrzeug, und ist oben 28 Fufs, unten dagegen $19\frac{1}{2}$ Fufs lang, und oben $16\frac{1}{2}$, unten 7 Fufs breit. Dieser Raum wird indessen unten von zwei sich kreuzenden dreiseitigen Prismen, die gleichfalls aus Eisenblech bestehn, in vier Felder getheilt, und die vier Oeffnungen, die sich zwischen diesen Wänden bilden, sind $8\frac{1}{3}$ Fufs lang und $2\frac{1}{2}$ Fufs breit. Zum Schliefsen derselben dienen vier, auf der untern Seite mit Blech beschlagene hölzerne Klappen, die abwärts aufschlagen, und wenn sie geschlossen sind, sich gegen den Boden des Prahms lehnen.

Jede Klappe ist an der äufsern Seite mittelst eines dreifachen Charniers an den Schiffsboden befestigt, während sie an der innern Seite von drei Ketten gefafst wird, die sich innerhalb des Laderaums vereinigen und an einer horizontalen Winde befestigt sind, welche man mittelst eingesetzter Hebel bewegen und durch Sperrhaken feststellen kann. Je zwei solcher Winden ruhn auf zwei übergespannten Querbalken. Um das Durchbiegen zu verhindern,

Digitized by Google

waren letztere in der Mitte durch eine hölzerne Stütze gegen dasjenige Blechprisma abgesteift, welches den Laderaum der Länge nach durchsetzt. In neuerer Zeit werden, wie bereits erwähnt, statt der Balken eiserne Träger angewendet.

Aus der Figur ergiebt sich, dafs der Prahm vorn wie hinten abgerundet ist. Der vordere Raum dient zum Logis für die Bemannung, der hintere dagegen zum Aufbewahren von Utensilien. Die Bleche, welche den Boden und den untern Gang der Aufsenhaut so wie auch die Trichter bilden, sind $3^3/_4$ Linien stark, die obern Gänge dagegen 3 Linien. Die Eckeisen, welche die Stelle der Spanten versehn und in Abständen von durchschnittlich 20 Zoll angebracht sind, haben die Breite von 2 und $2^3/_4$ Zoll und die Stärke von $3^3/_4$ Linien.

Es mufs noch bemerkt werden, dafs bei der steilen Stellung der Wände die Entleerung dieser Prahme jederzeit schnell und ohne weitere Nachhülfe vollständig erfolgt.

Bei Gelegenheit der Pumpen-Bagger wurde bereits erwähnt, dafs man zuweilen auch aus Baggerprahmen durch starken Luftdruck das darin aufgenommene Material auf das Ufer wirft. Dabei wird das zeitraubende und kostbare Auskarren umgangen, und es scheint daher, dafs diese Anordnung sehr vortheilhaft benutzt werden dürfte, wenn der gehobene Boden nicht in tiefes Wasser verstürzt, sondern über flache Ufer oder auf Untiefen verbreitet werden soll, die man erhöhen will.

In England sind solche nach pneumatischem Princip eingerichteten Fahrzeuge patentirt worden und sollen vielfach im Gebrauch sein. Es sind eiserne, ziemlich scharf gebaute Schiffe von 110 Fufs Länge und 22 Fufs gröfster Breite, die bei voller Ladung 7 Fufs tief gehn. Eine Dampfmaschine treibt die Schraube, welche das Schiff bewegt, und der Kessel derselben liefert zugleich den stark gespannten Dampf, der den luftdichten Behälter entleert. Dieser besteht in einem Blechcylinder von 8 Fufs Durchmesser und 50 Fufs Länge, woher er etwa 16 Schachtruthen fafst. In der Decke ist er mit drei weiten Oeffnungen versehn, durch welche er aus einer darüber liegenden breiten Rinne gefüllt wird, und in diese fällt das vom Bagger gehobne Material unmittelbar herab. Sobald die Füllung erfolgt ist, wird die Schraube in Bewegung gesetzt und während der Fahrt schliefst man luftdicht

Digitized by Google

jene drei Oeffnungen. An der Ausladestelle angekommen, leitet man den Dampf in den Blechcylinder, und wenn derselbe gehörig gespannt ist, öffnet man ein im Boden des Cylinders befindliches Ventil, das die Verbindung mit einer flexibeln, 3 Fuſs weiten Röhrenleitung darstellt und durch diese wird der mit Wasser vermengte Sand auf das Ufer geführt. Soll der Bagger, wie doch meist gefordert wird, dauernd thätig sein, so muſs man mindestens zwei solcher Fahrzeuge zur Abfuhr in Bereitschaft haben.

Ein eigenthümlicher Erdtransport war bei den Baggerarbeiten in dem Plauer Canal eingeführt. Es bot sich nämlich hier keine Gelegenheit, das ausgehobene Material mit Klappenprahmen zu versenken, dasselbe muſste vielmehr zur Erhöhung der niedrigen Ufer verwendet, also auf diese verkarrt werden. Um dabei das Umladen aus den Prahmen in die Karren zu vermeiden, wurden letztere unmittelbar unter die Rinnen des Baggers geschoben, und von hier auf die zu erhöhenden niedrigen Ufer gefahren. Der Bagger wurde, wie gewöhnlich, vor einem Hauptanker hin und her, also von einem Canalufer zum andern bewegt, sobald er aber einen solchen Weg vollendet hatte, so rückte er in der Längenrichtung des Canals weiter vor. Es kam darauf an, die Brücke, welche den Bagger mit dem Ufer verband, so einzurichten, daſs sie diesen verschiedenen Bewegungen sich anschloſs, und daſs der Weg, den die beladenen wie die leeren Karren verfolgten, nie unterbrochen wurde.

Die getroffene Anordnung ist Fig. 224 im Grundriſs dargestellt.*) *A* ist der Dampfbagger, an dem man einen Theil der Eimerkette, wie auch die nach beiden Seiten führenden Rinnen bemerkt. Die in mehrfacher Beziehung eigenthümliche Einrichtung des Baggers, die durch verschiedene locale Verhältnisse veranlaſst wurde, übergehe ich und bemerke nur, daſs die punktirte Linie *B* das Tau des Hauptankers, so wie die Linien *C* und *D* die Seitentaue andeuten, durch deren Anziehn der Bagger sich von einem zum andern Ufer bewegt. Zur Seite des Baggers sind an den-

*) Der damalige Wasserbauinspector, jetzt geheimer Baurath Kozlowski hat diese von ihm herrührende Anordnung specieller mitgetheilt in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang XVII, 1867. Seite 357.

Digitized by Google

selben zwei Brücken *E* angehängt, auf welchen die zweirädrigen Karren unter die Rinnen geschoben werden. Diese Brücken ruhn auf eisernen Consolen, und verhindern daher nicht die Annäherung des Baggers an die Ufer, was der Fall sein würde, wenn man zu ihrer Unterstützung Prahme oder andre Fahrzeuge gewählt hätte. Es mufs auch bemerkt werden, dafs die hintern Seitentaue *C* und *D* sich in solcher Höhe befinden, dafs die Karren darunter fortgeschoben werden können.

Mit diesen Seitenbrücken ist die Bühne *F* verbunden, die auf einem flachen Prahm ruht. Sie behält unverändert ihre Stellung gegen den Bagger, und folgt demselben in allen Bewegungen. Indem der Bagger aber in der Richtung *B* fortschreitet, so befindet sie sich, wie auch die folgenden Brücken, jederzeit in dem schon vertieften und geräumten Theil des Canals.

Die Querbrücke *G*, so wie auch die Längsbrücke *H* ruhn auf Prahmen, erstere auf einem und letztere auf zweien. Sie sind unter sich fest verbunden. An den Seitenbewegungen des Baggers nehmen sie nicht Theil, wohl aber müssen sie nachrücken, sobald am Tau *B* der Bagger vorgerückt wird. Hiezu dienen die beiden Taue *K*, während die Taue *L* die Brücke in der nöthigen Entfernung von den Ufern halten.

Endlich liegt vor dem Ufer noch die Landebrücke *M*, die unverändert an ihrer Stelle bleibt, so lange sie noch die Verbindung mit der Brücke *H* darstellen kann. Dieselbe ruht gleichfalls auf einem Prahm, um sie jedoch möglichst vor zufälligen Bewegungen zu schützen, wird sie noch durch zwei Böcke, die an ihren schmalen Seiten auf der Sohle des Canals stehn, zum Theil getragen, indem man sie mittelst Hebeladen an diesen etwas anhebt. Sie greift mit zwei Haken in passende Rinnen der Brücke *H* ein, damit die Verbindung mit dieser nie unterbrochen wird, und von ihr führt eine Laufbrücke auf das Ufer, auf dem sich die aus Dielen dargestellten Bahnen bis zur Ausladestelle fortsetzen.

Die Karren können sonach, sowohl wenn der Bagger die Seitenbewegungen macht, als auch wenn er nach dem Hauptanker fortgezogen wird, auf diesen verschiedenen Brücken fortwährend vom Ufer bis unter die Rinnen zur Seite des Baggers gelangen. Sie werden aber abwechselnd unter die eine und unter

Digitized by Google

die andere Rinne gestellt, und sobald eine Karre gefüllt ist, wird ohne dafs die Maschine stille steht, die Klappe unter der obern Kettentrommel umgelegt, worauf die Rinne an der entgegengesetzten Seite die Erde ausschüttet. Damit aber nicht vielleicht die in einer Rinne noch befindlichen Erdmassen herabstürzen, während keine Karre darunter steht, so sind noch Schütze an den Mündungen angebracht, die vor dem Abfahren einer Karre geschlossen und demnächst geöffnet werden. Endlich ist noch dafür gesorgt, dafs die Karren nicht mit dem Wasser belastet werden, welches die Eimer zugleich mit der Erde schöpfen, dieses vielmehr früher abfliefst.

Der Canal ist im Wasserspiegel durchschnittlich 60 Fufs breit. Die Brücke *G* berührt nicht seine Ufer. Die Brücke *H* ist so lang, dafs während einer Tagearbeit die Landbrücke *M* nicht verstellt zu werden braucht. Sobald die Verstellung nöthig ist, werden gleichzeitig die Karrdielen, so wie auch der Hauptanker verlegt, und die Seitentaue anders befestigt. Die Ausladestellen sind 10 bis 30 Ruthen vom Bagger entfernt.

Die Maschine, welche bei voller Dampfspannung die Kraft von 10 Pferden entwickelt, arbeitet gewöhnlich nur mit 7 bis 8 Pferdekräften. Sie füllt in der Stunde 60 bis 100 Karren, durchschnittlich jede mit 12 Cubikfufs, fördert also stündlich 5 bis $8^1/_3$ Schachtruthen. Die Karren sind zweirädrige Kippkarren, die bei gestrichener Ladung 16 Cubikfufs fassen. In diesem Fall ist aber ihr Transport schwierig, auch spritzt der Schlamm stark über, woher sie nur mit 12 Cubikfufs beladen werden. Die Füllung einer Karre dauert durchschnittlich 48 Secunden, bei reinem Grund nur eine halbe Minute. Zwölf bis vierzehn Karren sind zugleich im Betrieb und jede wird von drei Mann gezogen, während auf der Landbrücke *M* noch zwei Mann als Vorspann stehn, um das Aufschieben auf das Ufer zu erleichtern. Letzteres erhebt sich nie mehr, als 5 Fufs über den Wasserspiegel und ist gemeinhin noch niedriger.

Die Leute arbeiten auf Accord nach Maafsgabe der Entfernung der Ausladestellen. Wenn die Maschine aber Holz gefafst hat und deshalb angehalten werden mufs, was sehr oft geschieht, so werden die Karrenschieber anderweit beschäftigt und stundenweise bezahlt.

Digitized by Google

Es darf kaum erwähnt werden, dafs während des Betriebs der Baggerung die Schiffahrt vollständig gesperrt ist. Indem die Brücken *G* und *H* aber leicht von einander zu trennen sind, so kann man den ganzen Apparat bei Seite schieben und in gewissen, vorher bekannt gemachten Stunden die Schiffe passiren lassen, wenn nicht vielleicht wegen Reparatur der Schleusen oder aus andern Gründen die Schiffahrt ganz unterbrechen werden mufs. Während die Schiffe hindurchgehn, verlegt man die Landebrücke und führt überhaupt diejenigen Arbeiten aus, welche doch einmal am Tage den Betrieb der Baggerung unterbrochen würden.

Die Vertiefung war in diesem Fall keineswegs eine solche, die in der Periode von einigen Jahren sich immer wiederholt, um die inzwischen eingetretenen Verflachungen zu beseitigen, sie bezogen sich vielmehr bei der beabsichtigten Verbesserung und theilweisen Verlegung des Canals auf die Senkung der Sohle. Die Baumstämme und sonstigen versunkenen Holzstücke, auf die man traf, rührten aus frühester Zeit her, und es war nicht zu besorgen, dafs solche in Zukunft wieder sich ablagern möchten.

Schliefslich mag noch die eigenthümliche Anordnung der Baggerarbeiten nebst den dabei benutzten mechanischen Vorrichtungen kurz angedeutet werden, deren man sich bei Trockenlegung des Fucino-Sees zur Darstellung des Hauptgrabens bediente, der die tiefste Stelle des Sees mit dem unterirdischen Canal verband*).

Der Fucino-See, $11\,^1/_2$ deutsche Meilen ostwärts von Rom, hat keinen natürlichen Abflufs. Die Höhe seines Wasserspiegels ist daher von den atmosphärischen Niederschlägen abhängig und schwankt in längeren Perioden sogar um 40 Fufs. Die Erträge seiner wenig ausgedehnten kulturfähigen Ufer sind daher sehr unsicher, während bei seiner Trockenlegung eine fruchtbare Fläche von 2,8 Quadratmeilen gewonnen werden konnte.

Schon unter den ersten römischen Kaisern wurde ein unterirdischer Abzugs-Canal nach dem Liriflufs ausgeführt und durch Claudius eröffnet. Dieser Canal, über 1300 Ruthen lang, liegt 240 bis 760 Fufs tief unter einem Bergrücken, der theils aus stark zerklüftetem Kalkfelsen und theils aus losem Gerölle be-

*) Einen Auszug aus dem von Brisse und de Rontrou 1876 in Rom erschienenen Werk über die Trockenlegung des Fucino-Sees habe ich in der Zeitschrift für Bauwesen 1879, Seite 565 ff., mitgetheilt.

Digitized by Google

steht. Im Laufe der Zeit war wiederholentlich von dem Verfall desselben und der Dringlichkeit seiner Wiederherstellung die Rede, doch scheint er, ohnerachtet der Vernachlässigung bis gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts nicht ganz wirkungslos gewesen zu sein.

Hierauf wurden die Klagen über Unsicherheit der Kulturen immer lauter. Die vollständige Trockenlegung des Sees versprach indessen namhaften Gewinn, und es bildete sich daher 1850 eine Actien-Gesellschaft für dieses Unternehmen. Sie fand jedoch nur wenig Betheiligung und war der Auflösung nahe, als Fürst Torlonia in Rom die sämmtlichen Actien aufkaufte, und durch den Ober-Ingenieur Montricher in Marseille auf eigne Kosten die Ausführung übernahm. Ein neuer, rings umwölbter Stollen von gröfserm Querschnitt wurde durchgetrieben. Die Sohle desselben lag auch tiefer, als die des alten, da der Liri in den 18 Jahrhunderten sein Bette tiefer eingeschnitten hatte. Indem die tiefste Stelle des Sees von der Mündung des Stollens weit entfernt war, mufste noch ein offener Graben ausgeführt werden, zu desen Darstellung man ein eigenthümliches Verfahren wählte.

Dieser Graben war ungefähr $1^1/_2$ deutsche Meilen lang und seine Sohle, die nahe 60 Fufs breit war, lag an den tiefsten Stellen 10 Fufs, vor der Mündung des unterirdischen Canals aber bis 40 Fufs unter dem Seeboden, und da man einfüfsige Seitenböschungen gewählt hatte, so erhielt der Graben, der durch Baggern dargestellt werden sollte, stellenweise eine sehr bedeutende obere Breite. Man hatte sich nun die Aufgabe gestellt, die Baggerarbeit so einzurichten, dafs während die Eimerkette von einem Ufer zum andern sich hin und her bewegte, das gehobene Material nicht in Prahme aufgenommen und zu Wasser fortgebracht, es vielmehr durch mechanische Vorrichtungen direct auf ein Ufer geworfen werden sollte, um daselbst theils einen wasserfreien Damm zu bilden, theils aber auch auf diesem unmittelbar die Karren zu füllen, die es demnächst anderweit fortschafften.

Durch die geneigte Baggerleiter allein konnte diese Aufgabe nicht gelöst werden, man mufste vielmehr noch in andrer Weise für den weitern Transport des gelösten Materials sorgen. Dieses geschah durch flexible Rinnen, die auf die Glieder von Ketten ohne Ende aufgenietet waren. Die Rinnen bestanden aus Eisen-

Digitized by Google

blechen, die sowohl an den Seiten, wie auch hinten mit vortretenden Rändern versehn, sich gegenseitig überdeckten. Zwei solcher Rinnen waren angewendet. Die letzte, die normal gegen die Achse des Canals gerichtet war, ruhte auf zwei mit einander verbundenen Prahmen von 32 Fufs Länge und 12 Fufs Breite. Auf nahe 30 Fufs Länge war sie horizontal geführt, um das an verschiedenen Stellen auf sie geschüttete Material gleichmäfsig aufzunehmen. An einer Seite erhob sie sich aber bis 19 Fufs über Wasser und trat dabei zugleich über das Ufer und über den darauf stehenden Karren. Diese Rinne nebst den beiden Prahmen blieb unverändert an ihrer Stelle, während die Eimer den Boden von einem Ufer bis zum andern aushoben.

Neben dem horizontalen Theil dieser Rinne lag eine starke Eisenstange, in die eine horizontale Rolle eingriff, welche an einen 76 Fufs langen und 19 Fufs breiten Prahm befestigt war. Dieser konnte sonach nicht nur seitwärts verschoben, sondern auch etwas gedreht werden, ohne dafs das Verschütten der Erde aus ihm auf jene Rinne dabei unterbrochen wurde.

Am entgegengesetzten Ende dieses Prahms befand sich in einem Schlitz eine gewöhnliche, 44 Fufs lange Baggerleiter, die bis 16 Fufs tief eingreifen konnte, und das gelöste Material nahe eben so hoch über Wasser hob. Sie warf dieses aber auf eine zweite, auf demselben Prahm liegende bewegliche Rinne, die von jener ersten sich nur dadurch unterschied, dafs sie in ihrer ganzen Länge gleichmäfsige Neigung hatte. Nachdem der Boden hier wieder von 6 Fufs bis 19 Fufs über Wasser angestiegen war, fiel er auf den horizontalen Theil der ersten Rinne.

Dieser zweite Prahm wurde durch seitwärts ausgebrachte Taue theils längs jener Eisenstange verschoben und theils gedreht, so dafs die Eimer einen gekrümmten Streifen des Bodens von einem Ufer bis zum andern abschnitten. So oft dieses aber geschehn war, schob man den ersten Prahm soweit zurück, dafs die Eimer beim Rückgange wieder in gleicher Weise wirken konnten.

Die Wirksamkeit dieses Baggers wird in der Beschreibung desselben gerühmt, doch vorzugsweise nur insofern, als damit der Boden viel vollständiger ausgeebnet wurde, wie bei den sonst in Frankreich üblichen Rinnen-Baggern. Dabei wird aber zugegeben,

Digitized by Google

dafs die Bewegung der Maschinen wegen des wiederholten Anhebens viele Kraft erfordert. Eine Dampfmaschine auf dem grofsen Prahm trieb sowohl die Eimerleiter, wie auch die Rinne vor derselben, während eine Locomobile die andre Rinne in Bewegung setzte. Bei diesem grofsartigen Unternehmen scheint indessen der Kostenpunkt, sowohl in Betreff der Anschaffungen, wie des Betriebes wenig in Betracht gekommen zu sein.

§ 83.

Felsensprengungen.

Insofern dieser Abschnitt von der Beseitigung der Untiefen handelt, welche in den Fahrwassern der Seeschiffe liegen, so dürfte hier der passendste Ort sein, von der Sprengung zusammenhängender Felsmassen Mittheilung zu machen, welche, ohne über Wasser zu treten, den Uebergang der Schiffe gefährden oder ganz verhindern. Dabei finden die Bagger freilich nur in sofern Anwendung, als sie nachträglich die gelösten Blöcke oder kleinere Brocken beseitigen, so weit diese über die darzustellende Tiefe noch vortreten. Die in neuster Zeit, und zwar bisher ausschliefslich in den Vereinigten Staaten zur Ausführung gekommenen Arbeiten dieser Art sind indessen so wichtig und haben sich zugleich so erfolgreich erwiesen, dafs sie in diesem Handbuch nicht unerwähnt bleiben dürfen. Vom Sprengen einzelner Geschiebe unter Wasser, wie auch von Beseitigung zusammenhängender Felsmassen durch Einsetzen von Patronen in Bohrlöcher, oder durch Auflegen und Entzünden von Dynamitmassen, wobei immer die Oberfläche angegriffen wird, ist bereits im zweiten Theil § 53 eingehend die Rede gewesen. Ausführungen dieser Art sind indessen, wenn es sich um Beseitigung grofser Massen in bedeutender Tiefe und heftiger Strömung handelt überaus kostbar und zeitraubend, während auch die Fortschaffung des gelösten Materials durch Bagger oder mit Zangen neue Schwierigkeiten veranlafst und gleichfalls nur bei ruhiger Witterung erfolgen kann.

Das neuere Verfahren bezieht sich darauf, dafs man die Oberfläche unberührt lässt, und nur die höchste Stelle derselben mit einem Fangedamm umgiebt und trocken legt und alsdann

Digitized by Google

darin einen Schacht noch unter denjenigen Horizont abteuft, bis zu welchem der Fels beseitigt werden soll. Von hier aus werden alsdann Gänge und Quergänge getrieben, und mit Berücksichtigung der nothwendigen Wand- und Deckenstärke, wie auch der Unterstützung der Decke, wird der innere Raum soweit und bis zu solcher Tiefe frei gelegt, dafs, wenn man schliefslich durch eine grofse Anzahl gleichzeitiger Schüsse die Decke sprengt, diese beim Herabstürzen die Vertiefung soweit anfüllt, dafs über derselben die beabsichtigte Tiefe sich wirklich darstellt. Man erreicht dabei den wesentlichen Vortheil, dafs sowohl das Sprengen oder sonstiges Ablösen des Gesteins, wie auch die Förderung desselben im Trocknen geschieht, also sehr sicher und ganz unabhängig von der Witterung, und für bedeutend geringere Kosten ausführbar ist.

Der erste Versuch dieser Art wurde in der Bucht von San Francisco gemacht, woselbst auf der Nordseite der Stadt, also in dem Fahrwasser zwischen der Mündung der Bucht oder dem Golden Gate, und dem eigentlichen Anker- und Liegeplatz der Schiffe, 350 Ruthen vom Ufer entfernt, eine Klippe, der Blossom-Rock, sich bis 5 Fufs unter gewöhnliches Niedrigwasser erhob. Derselbe war bereits vielfach von Schiffen angelaufen und hatte wiederholentlich Havarien und vollständige Verluste veranlafst, als im Jahr 1867 die Fortsprengung desselben bis auf 24 Fufs unter Niedrigwasser beschlossen wurde. Der Fels bildete in der Oberfläche ungefähr eine horizontale Ebene von 33 Fufs Länge und 21 Fufs Breite, da er aber sich rings umher flach abdachte, so mufsten ungefähr 820 Schachtruthen gesprengt werden. Mit dieser Arbeit wurde in üblicher Weise der Anfang gemacht, es ergab sich aber bald, dafs, wenn das Gestein auch nur aus einem nicht besonders festen Sandstein bestand, also das Bohren an sich ziemlich leicht war, dennoch die Wellenbewegung und noch mehr die sehr heftigen Futh- und Ebbeströmungen die Arbeit aufserordentlich erschwerten und oft ganz unmöglich machten. Der Versuch ergab, dafs die Beseitigung einer Schachtruthe etwa 500 Thlr., also das ganze Unternehmen über 300 000 Dollars kosten, und eine lange Reihe von Jahren in Anspruch nehmen würde.

Unter diesen Umständen machte der General Alexander,

Digitized by Google

der die Arbeiten leitete, den Vorschlag, auf der Klippe einen Fangedamm zu erbauen und innerhalb desselben die Oberfläche trocken zu legen, von hier aber bis zur beabsichtigten Tiefe einen Schacht abzuteufen. Von diesem aus sollten in verschiedenen Richtungen horizontale Stollen getrieben, und schliefslich die Decke durch gleichzeitige Schüsse gesprengt werden. Dabei wäre aber die ganze Masse der Decke, wie der Wände und der Pfeiler auf der Sohle liegen geblieben und hätte durch Baggern oder in andrer Art beseitigt werden müssen.

Gleichzeitig erbot sich ein Unternehmer, Namens v. Schmidt, der andre Vertiefungsarbeiten bereits zur Zufriedenheit ausgeführt hatte, für den Preis von 75 000 Dollar in der Zeit von 18 Monaten die Klippe bis auf 24 Fufs zu beseitigen, und zwar unter Verzichtleistung auf jede Vergütung, wenn er der übernommenen Verpflichtung nicht nachkäme. Wie vortheilhaft dieses Anerbieten auch war, so mufste dennoch nach den dortigen Bestimmungen eine allgemeine Aufforderung erlassen werden, bevor der Zuschlag geschehn durfte. Die Ausbietung hatte jedoch keinen Erfolg, da nur ein einziges unzureichendes Angebot einging. Hierauf wurde im October 1869 die Ausführung contractlich dem v. Schmidt übertragen.

Derselbe erbaute zunächst eine hölzerne Rüstung auf der Klippe, die sich 20 Fufs darüber erhob, worauf Geräthe und Materialien niedergelegt, auch Schuppen zum Aufenthalt der Arbeiter gestellt wurden. Pfähle, mit Schuhen versehn, die in scharfe Stahlspitzen ausliefen, drangen etwas in den Felsen ein und sicherten den Bau gegen ein mögliches Versinken, während er durch vielfache Verstrebungen und Spannketten, wie durch starke Belastung gegen das Verschieben gesichert war. Nunmehr bildete man Fangedämme, indem zwischen Bohlwänden Säcke, die mit Thon gefüllt waren, versenkt wurden. Den so umschlossnen Raum pumpte man aus, und alsdann begann das Abteufen des Schachts in einer 6 Fufs weiten Blechröhre. Der Zudrang des Wassers war indessen so stark, dafs man bald eine zweite und endlich noch eine dritte Röhre, die nur 5 Fufs weit war, hinein stellen mufste. Indem nur ein Mann darin Platz fand, so ging diese Arbeit sehr langsam von statten und erst im Januar 1870 erreichte man die beabsichtigte Tiefe von $31\frac{1}{2}$ Fufs unter Niedrigwasser.

Digitized by Google

Nunmehr wurden Galerien in kreuzweiser Richtung eröffnet, die man immer mehr erweiterte und erhöhte, während man die dazwischen stehenden Pfeiler schliefslich auch beseitigte und durch hölzerne Pfosten ersetzte. Diese Arbeit wurde durch die lockere Beschaffenheit des Gesteins wesentlich erleichtert, das man nicht zu sprengen brauchte, sondern mit der Pike abarbeiten konnte. Eine Dampfmaschine auf der Rüstung förderte das gelöste Material.

Ursprünglich wollte man den Raum so weit ausbrechen, dafs die Decke nur die Stärke von 6 Fufs behielt. Es ergab sich indessen, dafs der Fels mitunter sehr weich wurde, an einer Stelle hörte er sogar ganz auf und wurde durch Kiesel, die in Thon fest gebettet waren, ersetzt. Dazu kam noch, dafs einst eine heftige Erschütterung eintrat, also irgend wo ein Bruch und ein Setzen erfolgt sein mufste. Diese Umstände waren Veranlassung, dafs man die Decke nicht weiter zu schwächen wagte. Dieselbe hatte durchschnittlich noch die Stärke von $14^1/_2$ Fufs, als man mit dieser Arbeit aufhörte. Der dargestellte hohle Raum war 136 Fufs lang, 58 Fufs breit, und seine Höhe betrug nur an wenigen Stellen 11 Fufs. Hiernach war schon zu ermessen, dafs die in ihn herabstürzende Felsmasse der Decke über die beabsichtigte Sohlentiefe hinaustreten würde.

Zum Sprengen wurden 40 000 Pfund Pulver in 38 Fässer und in 7 Blechkasten verpackt, und nachdem sie mit den nöthigen Leitdrähten versehn waren, um durch galvanische Batterien gleichzeitig entzündet zu werden, stellte man diese Fässer und Kasten unter die Decke und an die Wände und befestigte sie so weit, dafs sie durch das eintretende Wasser nicht verschoben werden konnten. Wenn nämlich der Raum während der Explosion mit Luft gefüllt geblieben wäre, so würde die Elasticität derselben die Wirkung der Schüsse gegen den Felsen vermindert haben. Man bohrte daher etwa 2 Fufs unter Niedrigwasser eine 5 Zoll weite Oeffnung in die Blechcylinder des Schachts und liefs mehrere Stunden hindurch vor dem Sprengen das Wasser einfliefsen. Später wurde man zweifelhaft, ob wirklich der ganze Raum dadurch angefüllt worden, und ob nicht die Luft noch den dritten Theil desselben eingenommen hätte.

Endlich am Mittag des 23. April 1870 wurden durch den in der Entfernung von 66 Ruthen aufgestellten Apparat der

Digitized by Google

galvanische Strom zu den Zündstoffen geführt und gleichzeitig explodirten die Pulvermassen. Unmittelbar darauf sah man eine Wassersäule aufsteigen, deren Durchmesser nahe 200 Fufs zu halten schien, und deren Höhe noch gröfser war, während Steine und Holzstücke darüber hinaus und weit umher geschleudert wurden.

Indem man nunmehr die Tiefen untersuchte, ergab sich, dafs stellenweise die gelösten Steine bis 10 über die ausbedungene Sohlenhöhe hinausragten. Da jedoch die einzelnen Stücke meist nur die Gröfse eines Hühnereies hatten, so meinte der Unternehmer, dafs der darüber gehende heftige Strom dieselben forttreiben und in die daneben befindliche grofse Tiefe stürzen würde. Es zeigte sich aber bald, dafs dieses nicht geschah, woher die Schüttung in andrer Weise entfernt werden mufste.

Man verwendete hierzu einen Prahm, von welchem ein schwerer eiserner Rechen herabhing, der immer in solche Tiefe gestellt wurde, dafs er die höchsten Steine berührte und vor sich herschob, während ein Dampfboot den Prahm darüber zog. Dieses Mittel war allerdings von Erfolg, doch wirkte es keineswegs besonders schnell. Erst im December desselben Jahrs (1870) war die festgestellte Tiefe erreicht. Die hierauf verwendeten Kosten sollen sehr bedeutend gewesen sein.*)

Wenige Jahre später ist ein zweites und zwar noch grofsartigeres Unternehmen dieser Art in der Nähe von New-York am East-River im sogenannten Hellgate zur Ausführung gekommen, wodurch der Schiffsverkehr wesentlich erleichtert wurde.

Die Verbindung zwischen dem Atlantischen Ocean und dem Hafen von New-York fand bisher für gröfsere Schiffe durch die Lower Bay statt, deren Eingang im Norden durch Long Island und im Süden durch die von New-Jersey weit vorspringende Landzunge Sandy Hook begrenzt wird. Diese Bay ist aber im

*) Vorstehende Beschreibung der bei San Francisco ausgeführten Sprengungen ist grofsentheils aus dem schon oben angeführten Werk von Malézieux entnommen, die folgenden Mittheilungen über die ähnlichen Arbeiten im Hellgate sind mir von meinem Sohn Ludwig Hagen gemacht, der die betreffenden Notizen bei seiner Anwesenheit in den Vereinigten Staaten sammelte, auch der Sprengung persönlich beiwohnte.

Digitized by Google

Allgemeinen sehr flach, während einzelne tiefere Rinnen hindurchführen. Unter diesen ist besonders der sogenannte Swash-Canal zu erwähnen, dessen Tiefe bei Niedrigwasser nur 21 Fufs mifst. Obwohl das Fahrwasser sowohl bei Tage, wie bei Nacht hier sehr vollständig bezeichnet ist, so tritt dabei doch der Uebelstand ein, dafs der Cours zweimal scharf geändert werden mufs. Hierzu kommt noch, dafs das Sandy Hook von Jahr zu Jahr weiter vortritt, und das erwähnte Fahrwasser wesentlich bedroht.

Daneben besteht noch ein zweiter Zugang zum Hafen, nämlich auf der Nordseite von Long-Island oder durch den Long-Island-Sound. Letzterer ist auf der Ostseite durch eine Reihe davor liegender Inseln geschützt, und wenn er Anfangs auch etwa 20 Seemeilen breit ist, so bleibt der Wellenschlag hier doch immer so mäfsig, dafs die kleineren Küstenschiffe, wie auch die flachen und hoch überbauten Dampfböte, welche den Binnenverkehr vermitteln, sicher daselbst fahren können. Die Breite dieser Wasserfläche nimmt aber westwärts immer mehr ab, so dafs sie an dem Punkte, der vom Hudson etwa noch 15 Seemeilen entfernt ist, nur 3 Seemeilen mifst. Von hier ab ist das Fahrwasser, das nunmehr den Namen East River annimmt, durchschnittlich nur 170 Ruthen breit. Stellenweise wird es noch bedeutend enger, wie namentlich vor Astoria, wo es aufserdem auch scharf gekrümmt ist, und schon aus diesem Grunde die Schiffahrt gefährdet. Dazu kommt noch, dafs mehrere Klippen darin liegen, und durch Fluth und Ebbe zeitweise sehr heftige Strömungen hier eintreten. Diese Stelle wird das Höllenthor (Hellgate) genannt. Die heftige Strömung wird aber dadurch veranlafst, dafs die von Osten her anlaufende Fluthwelle mehrere Stunden später hier eintrifft, als die von Süden kommende. Für letztere ist die Hafenzeit sehr nahe der von New-York gleich, nämlich 8 Uhr 23 Minuten, dagegen tritt sie an der östlichen Spitze von Long-Island schon 10 Minuten später ein, und die Welle durchläuft den Sund und East River so langsam, dafs bei Pot-Cove, unmittelbar auf der Ostseite von Hellgate, die Hafenzeit sich auf 11 Uhr 45 Minuten stellt. Die Niveaudifferenzen sind also zeitweise sehr grofs und erklären die heftige Strömung, wenn auch der Fluthwechsel bei New-York in den Springfluthen nur $5\frac{1}{2}$ und in den todten nur 4 Fufs beträgt.

Digitized by Google

Die Tiefe ist in dieser ganzen Wasserstrafse sehr bedeutend und mifst überall mindestens 40 Fufs, doch war der Durchgang durch Hellgate für gröfsere Schiffe zu gefährlich. Um ein sicheres Fahrwasser zu eröffnen, mufsten nicht nur die erwähnte Krümmung beseitigt und zugleich ein gröfseres Durchflufs-Profil dargestellt werden, um die Strömung zu mäfsigen, sondern es waren auch einige andre Klippen, namentlich weiter westlich, ohnfern der Verbindung des East River mit dem Hudson zu beseitigen. Die in Aussicht genommene Verbindung zwischen New-York und Brooklyn durch eine Brücke über den East River wird, wie sie projectirt ist, nicht wesentlich den Durchgang selbst der gröfsten Schiffe erschweren. Es ist eine Hängebrücke, die unter sich bis zum Hochwasser eine lichte Höhe von 131 Fufs (135 Fufs Englisch) frei läfst. Es werden daher selbst die höchsten Masten darunter fortgehn können, wenn die Bramstengen herabgelassen sind.

Schon 1849 hatte man die Beseitigung der gefährlichsten dieser Klippen begonnen, doch nach wenig Jahren die Arbeiten wegen des geringen Erfolges und der grofsen Kosten wieder eingestellt. Im II. Theil dieses Handbuchs § 53 ist bereits erwähnt worden, dafs man damals eine dieser Klippen, Pot-Rock genannt, dadurch beseitigte, dafs man wiederholentlich flache Blechgefäfse, mit Pulver gefüllt, auf die Oberfläche legte und durch galvanische Batterien entzündete.

1867 wurden die Arbeiten sehr lebhaft wieder aufgenommen, doch ergab sich bald, dafs die Kosten noch immer sehr hoch waren. Dieselben stellten sich für den Cubik-Jard auf $44\frac{1}{4}$ Dollar oder für die Schachtruthe auf 370 Thaler, und man berechnete, dafs die Beseitigung der Klippen bei Hellgate und zweier andern besonders gefährlichen im East River über 5 Millionen Dollar kosten würde. Die günstigsten Resultate ergaben sich noch bei Anwendung eines Prahms, von dem aus gleichzeitig eine Anzahl Bohrer durch Dampf in Thätigkeit gesetzt wurden. Mittelst desselben hat der Ingenieur Striedinger die Klippe Way's-Reef im Hellgate und einige andre im East River bis 26 Fufs unter Niedrigwasser beseitigt.

Der Prahm war 130 Fufs lang, 55 Fufs breit und tauchte $4\frac{1}{2}$ Fufs ein. In seiner Mitte befand sich eine achteckige, 32 Fufs weite Oeffnung. Nachdem durch sehr schwere Anker

Digitized by Google

der Prahm festgelegt war, wurde ein oben und unten offener Blechkegel, dessen unterer Durchmesser 30 Fufs mafs, und der sich nach oben verjüngte, durch jene Oeffnung herabgelassen, so dafs er die zu sprengende Klippe überdeckte. Man brachte darunter aber eiserne Stützen von angemessener Höhe an, damit seine Achse sich lothrecht stellte.

Alsdann wurden die Bohrröhren in 7 Fufs Entfernung von einander eingesetzt und in jede derselben ein Bohrer von 600 bis 750 Pfund Gewicht gehängt. Diese waren mit den Kolben besonderer Dampfmaschinen verbunden und wurden nicht nur gehoben, sondern auch zugleich gedreht. Dabei konnten bis 21 Bohrer gleichzeitig in Thätigkeit gesetzt werden. Die Bohrlöcher sind $5^1/_4$ Zoll weit, durchschnittlich 8 Fufs tief und werden schliefslich bis $3^1/_2$ Fufs unter die beabsichtigte Sohlentiefe herabgetrieben. Unter günstigen Umständen wird in der Stunde 16 Zoll tief gebohrt. Die Beseitigung des Bohrschlamms geschieht in einfachster Weise durch die Bohrer selbst. Sind die Löcher bis zur erforderlichen Tiefe herabgetrieben, so wird der Blechkegel durch Dampfwinden aufgezogen und zur Seite gestellt. Zur Zeit der Umsetzung des Stroms schieben Taucher die in Blechbüchsen enthaltenen Ladungen von Vulkanpulver in die Löcher und nachdem der Prahm 275 Fufs entfernt ist, werden die sämmtlichen Schüsse durch elektrische Funken gleichzeitig entzündet. Mit der Verbesserung und Vereinfachung der Leitungen, wenn gleichzeitig eine grofse Anzahl Schüsse entzündet werden soll, hat Striedinger in verschiedenen Untersuchungen und kleineren Publicationen sich sehr eingehend beschäftigt.

Nachdem die Sprengung erfolgt ist, wird das gelöste Material aufgebaggert und es sollen dabei Blöcke gehoben sein, die bis 27 000 Pfund wogen. Durchschnittlich wurde bei 4,2 laufende Fufs Bohrloch und bei 33 Pfund Pulverladung eine Schachtruthe gesprengt.

Unter den verschiedenen Klippen und Felsbänken, die im Hellgate zu beseitigen waren, zeichnete sich besonders eine durch ihre Ausdehnung aus. Dieses war ein vor das südliche Ufer weit vorspringender Fels, Hallets Point genannt, um welchen das Fahrwasser sich scharf dreht, und der besonders eine starke Beschränkung des Profils und dadurch eine heftige Strömung ver-

Digitized by Google

anlafste. Die bis zur Tiefe von 26 Fufs unter Niedrigwasser fortzusprengende Fläche hatte die Form eines Dreiecks. Die Basis desselben in der Richtung des Ufers war 720 Fufs lang, während die Spitze 300 Fufs von dieser entfernt war. 1869 wurde beschlossen, diese Felsbank in gleicher Weise anzugreifen, wie der Bauunternehmer v. Schmidt den Blossom-Rock beseitigen wollte, doch ging man in sofern mit mehr Vorsicht zu Werk, als man die Sohle des zu bildenden hohlen Raums in gröfsere Tiefe verlegte.

Im October desselben Jahrs wurde das Abteufen des Schachts an einem Punkt begonnen, der in der Uferlinie und zwar in der Mitte der Felsbank lag. Dieser Schacht wurde mit einem Fangedamm umgeben und bis 32 Fufs unter Niedrigwasser herabgeführt. Von demselben aus trieb man in radialen Richtungen Stollen von 12 bis 18 Fufs Breite rings umher und setzte dieselben so weit fort, dafs die Decke überall noch 10 Fufs stark blieb, wo aber der Fels geringere Festigkeit hatte, wurde dieses Maafs bis auf 16 Fufs augedehnt. Alsdann vereinigte man die Stollen unter sich durch concentrische Schläge, wie Fig. 260 auf Taf. XLV zeigt.

Der Fels bestand aus Gneifs, der meist sehr fest war, so dafs er durch Handarbeit nicht gelöst werden konnte, vielmehr geschossen werden mufste. Um dabei Erschütterungen möglichst zu vermeiden, wurden niemals mehrere Schüsse gleichzeitig, sondern stets nur einer nach dem andern entzündet. In gleicher Weise wurden demnächst sowohl die concentrischen Galerien, wie auch die Radialschläge so erweitert, dafs dazwischen nur Pfeiler, durchschnittlich von 10 Fufs Stärke, stehn blieben, welche die Decke trugen, und die bei weiterer Erhöhung der freien Räume 7 bis 22 Fufs hoch wurden. Das dabei gelöste Material wurde auf Eisenbahnen nach dem Schacht gefahren und hier durch Dampfmaschinen gehoben. In dieser Weise brach man 8160 Schachtruthen Gestein, und der Preis stellte sich auf 47 Thaler für die Schachtruthe. Im Ganzen trugen 172 Pfeiler die Decke und die Gesammtlänge der Galerien und Radialschläge mafs 7426 Fufs.

Es ist erklärlich, dafs diese Arbeiten, wenn auch eine grofse Anzahl von Bergleuten dabei beschäftigt wurde, dennoch einige Jahre in Anspruch nahm. Die hier mitgetheilte Zeichnung ist

Digitized by Google

eine Copie derjenigen, welche der Chef des Ingenieur-Corps, General Humphreys, am 30. Juni 1875 dem Kriegsminister vorlegte. Im untern Theil zeigt sie die Situation des Ufers, im obern dagegen einen horizontalen Querschnitt etwa 30 Fuſs unter Wasser, doch lassen sich die Einzelheiten der Ausführung daraus nicht entnehmen, vielmehr deutet sie diese nur im Allgemeinen an. Man bemerkt jedoch, daſs damals der östliche Theil noch gar nicht in Angriff genommen war, auch die bereits dargestellten Pfeiler noch übermäſsige Stärke hatten.

Die Grenze des Niedrigwassers ist durch die Parallel-Schraffirung angedeutet, und die scharfe Linie, welche den auszusprengenden Raum umgiebt, bezeichnet die Wassertiefe von 26 Fuſs. Der Förderschacht befindet sich an einer Stelle, die vom Niedrigwasser so eben erreicht, vom Hochwasser aber überfluthet wurde, woher die Anlage eines Fangedamms hier nöthig war.

Am Schluſs des Jahrs 1875 waren die Sprengungsarbeiten beendigt und man fing bereits an die Löcher zu bohren für die Schüsse, durch welche die Pfeiler, wie die Decke zerstört werden sollten. Der Zudrang des Wassers, das durch eine Dampfpumpe beseitigt wurde, nahm während der Sprengungsarbeiten bis auf 1,1 und nachdem die Bohrlöcher in die Decke getrieben waren, bis 1,7 Cubikfuſs in der Secunde zu. Die Anzahl dieser Löcher, in welche Schüsse eingesetzt wurden, betrug im Ganzen 6760. Sie waren meist 3 Zoll, zum geringsten Theil 2 Zoll weit und ihre Gesammtlänge maſs 58 874 Fuſs (nahe $2^1/_2$ Deutsche Meilen).

Es muſs erwähnt werden, daſs zu den verschiedenen und groſsartigen Ausführungen, die sich als nothwendig herausstellten, auch noch eine Wasserleitung kam. Das Wasser, welches die Brunnen von Astoria lieferten, und welches überhaupt in der Nähe sich vorfand, eignete sich nämlich nicht zur Speisung der Dampfkessel, und sonach blieb nur übrig, es aus der Crotonleitung zu entnehmen und es in einer versenkten Röhrenleitung unter dem East River herbeizuführen.

Die Einrichtung der Drahtleitungen, wie der sonstigen Anordnungen, um die 3680 Schüsse, die 28 900 Pfund Dynamit und 23 300 Pfund Pulver enthielten, momentan zu entzünden, wurde dem Ingenieur Striedinger überlassen. Die nähere Beschreibung

Digitized by Google

derselben, die in mehreren Publicationen enthalten und motivirt ist, würde zu weit führen, es sei daher nur erwähnt, dafs die verschiedenen Drahtleitungen, die zusammen 220 000 Fufs (über 9 Deutsche Meilen) lang waren, durch drei und zwanzig Batterien von 40 bis 44 Elementen den elektrischen Strom aufnahmen. Damit dieses gleichzeitig geschah, traten aus einem kleinen Rahmen, der sich senken liefs, die 23 Eisenstäbchen gleichmäfsig heraus, und sobald die Senkung durch die geringe Bewegung einer Curbel erfolgte, tauchten sie gleichzeitig in eben so viele kleine Gefäfse ein, die mit Quecksilber gefüllt waren, und die mit den ferneren Leitungen in Verbindung standen. Dieser Apparat war in einem Pavillon 650 Fufs vom Schacht entfernt aufgestellt.

Nachdem alle Vorbereitungen vollständig getroffen waren, wurde am 23. September 1867 um 1 Uhr Morgens ein Heber von 1 Fufs lichter Weite in Thätigkeit gesetzt, um den ausgesprengten Raum mit Wasser zu füllen. Im Laufe desselben Tags war dieses vollständig geschehn, und am 24. September zur Zeit des Hochwassers kurz vor 2 Uhr wurde, nachdem durch einen Kanonenschufs das Signal gegeben war, die Leitung eröffnet. Bald darauf erhob sich ein Wasserberg, der 60 bis 70 Fufs hoch war und etwa 300 Fufs im Durchmesser hielt. Um das Ueberfluthen des Ufers zu verhindern, hatte man eine 10 Fufs starke Mauer erbaut, nichts desto weniger wurde ein Bureau-Gebäude, das ohnfern des Schachts stand, vom Wasser um einige Fufs verschoben. Sonstige Beschädigungen von Gebäuden in der Nähe, welche die Einwohner gefürchtet hatten, traten nicht ein, obwohl nach den von Abbot veranlafsten genauen Ermittelungen die Erschütterung, vorzugsweise auf Long-Island, mehrere Meilen weit bemerkt wurde.

Was den Erfolg dieses Unternehmens betrifft, so ergaben die demnächst ausgeführten Peilungen, dafs die beabsichtigte Tiefe von 26 Fufs unter Niedrigwasser keineswegs dargestellt war, vielmehr die Steinbrocken darüber noch weit vorragten. Dieses war indessen bereits vorgesehn. In dem Bericht vom 30. Juni 1875 sagt Humphreys, die ganze Masse der Decke werde in dem Raume darunter nicht Platz finden, vielmehr seien etwa 30 000 Cubikjards oder 5170 Schachtruthen später fortzubaggern, da dieses aber mittelst des Grapple-Baggers (§ 75 beschrieben) für 5 bis

Digitized by Google

6 Dollars für den Cubikjard (45 bis 60 Thaler für die Schachtruthe) geschehn könne, so sei diese nachträgliche Arbeit wohlfeiler, als wenn man in der Tiefe die Sprengungsarbeiten noch weiter fortgesetzt hätte. Nach spätern Mittheilungen soll die auszubaggernde Steinmasse, die über der Sohle von 26 Fufs Tiefe lag, nur etwa halb so grofs gewesen sein, als man vermuthet hatte. Vielleicht war der übrige Theil der Brocken seitwärts geschleudert und in gröfserer Tiefe versunken.

Digitized by Google

Digitized by Google

Elfter Abschnitt.

Der innere Hafen.

Digitized by Google

Digitized by Google

§ 84.

Flotthäfen.

Nachdem im Vorstehenden der wichtigste Theil eines Seehafens, nämlich seine Mündung behandelt ist, bleiben noch die verschiedenen Einrichtungen und baulichen Anlagen im innern Hafen zu erörtern, wo die Schiffe laden und löschen oder wo sie liegen, während sie nicht in der Fahrt sind. Es wird indessen nur von solchen Anlagen die Rede sein, welche sich auf den Betrieb der Schiffahrt oder auf den Personen- und Güterverkehr beziehn. Hiernach dürfen die Kriegshäfen und die Quarantäne-Häfen, von welchen bereits § 29 die Rede war, und deren Erfordernisse daselbst angedeutet sind, nicht weiter erwähnt werden, vielmehr sollen die folgenden Mittheilungen sich allein auf Handelshäfen beziehn. Eben so ist es auch entbehrlich, auf die natürlichen oder künstlichen Rheden, oder die mehr oder weniger geschützten Ankerplätze vor den Hafenmündungen zurückzukommen, da diese schon § 34 behandelt sind.

Sehr wesentlich unterscheiden sich die Häfen, insofern sie an Meeren liegen, wo ein starker Fluthwechsel stattfindet, oder wo dieser fehlt und der Wasserstand sich nur wenig ändert. Im ersten Fall können die Schiffe meist nur zur Zeit des Hochwassers ein- und ausgehn, und wenn sie bei fallendem Wasser nicht den Grund berühren oder sich vollständig auf denselben aufsetzen sollen, so müssen besondere Bassins, nämlich Docks oder Flotthäfen eingerichtet werden, in welchen das Hochwasser mittelst Schleusen zurückgehalten wird, und worin daher die Schiffe auch zur Zeit des niedrigen Wassers flott bleiben. Der vordere Theil des Hafens, der sich von der Mündung bis zu diesen Bassins erstreckt, heifst alsdann der Vorhafen. Derselbe entleert sich bei jeder Fluth und Ebbe, und wenn sich auch

Digitized by Google

vielleicht in ihm, in Folge der hindurchgehenden Strömung und namentlich durch die künstliche Spülung einzelne so tiefe Stellen ausbilden, dafs selbst gröfsere Schiffe in diesen beim kleinen Wasser noch nicht den Grund berühren, wie dieses beispielsweise in Calais (§ 47) der Fall ist, so kommen solche Fälle doch nur ausnahmsweise vor. Andrerseits finden die Schiffe auch hinter Dämmen, die seewärts weit vortreten, nicht nur Schutz gegen den Wellenschlag, sondern auch die nöthige Wassertiefe, um immer flott zu bleiben, aber solche Dämme, wie bei Portland, Holyhead und Cherbourg, schliefsen nicht die Häfen, sondern künstlich gebildete Rheden ein, woher man letztere nicht mehr Vorhäfen nennen darf.

Die Frage, bei welcher Gröfse des Fluthwechsels ein Hafen mit abgeschlofsnen Bassins oder Flotthäfen versehn werden mufs, läfst sich nicht allgemein beantworten, da hierbei die Art und die Ausdehnung des Verkehrs, so wie auch andre locale Verhältnisse mit in Betracht kommen. Jedenfalls ist die Anlage von Flotthäfen an der Ostsee und am Mittelländischen Meer entbehrlich, obwohl der Fluthwechsel in beiden bemerkbar ist und vor Triest sogar 3 Fufs mifst. In Bezug auf Hamburg wurde diese Frage ausführlich erwogen, indem es zweifelhaft war, ob man daselbst geschlossene oder offene Bassins anlegen sollte. Der Fluthwechsel von 6 Fufs, der dort vorkommt, scheint ungefähr die Grenze zu bilden, wo es mit Rücksicht auf die Kosten der Anlage und Unterhaltung und auf die Bequemlichkeit der Schiffahrt ungewifs wird, ob man Eins oder das Andre wählen soll. Man hat sich dort für offene Bassins entschieden, und der neue Sandthorhafen ist nicht abgeschlossen. Dabei wurde die Entscheidung zum Theil von dem Schlickgehalt des aus- und einströmenden Wassers abhängig gemacht. Wäre derselbe sehr grofs, etwa wie bei Glückstadt gewesen, so würde die Einrichtung von Flotthäfen vorzuziehn gewesen sein.

Für die Schiffahrt ist es unbedingt vortheilhaft, wenn nicht der Eintritt des Hochwassers abgewartet werden darf, sondern zu jeder Zeit die Schiffe die nöthige Wassertiefe finden. Viele und grofse Verluste an Schiffen und Ladungen wie auch an Menschenleben werden dadurch veranlafst, dafs bei heftigen Stürmen in

Digitized by Google

der Nähe der Ufer und Häfen das Hochwasser abgewartet werden mufs. An denjenigen Küsten, vor denen starker Fluthwechsel statt findet, nennt man solche Häfen, in deren Mündungen der nöthige Wasserstand sich dauernd erhält, Sicherheits- oder Nothhäfen (harbours of refuge), während diejenigen, wo dieses nicht statt findet, Fluthhäfen (tide-harbours) heifsen.

Andrerseits ist aber auch nicht zu verkennen, dafs ein starker Fluthwechsel die Einrichtung der Häfen wesentlich erleichtert. Die Küsten von Grofsbritannien würden ohnfehlbar nicht mit den zahllosen Häfen besetzt sein, welche mit wenig Ausnahmen nicht den schwachen Zuflüssen aus dem Binnenlande, sondern nur dem starken Fluthwechsel ihre Entstehung verdanken. Letzterer ist meist eben so grofs, und oft noch gröfser, als der Tiefgang der einkommenden Schiffe. Das Watt oder die Sandfläche, welche daher bei Hochwasser überfahren wird, liegt bei Niedrigwasser ganz oder doch beinahe trocken, und die Ausführung der Kaimauern, so wie auch der Dockschleusen wird hierdurch wesentlich erleichtert.

Indem erst am Schlufs des sechszehnten Jahrhunderts die Schiffsschleusen allgemeiner bekannt wurden*), so ist anzunehmen, dafs auch keine Dockschleuse und folglich auch kein Dock früher existirt hat. In vielen Häfen, die mit solchen bisher nicht versehn waren, sind sie erst in neuster Zeit erbaut worden, und überhaupt hat sich bei dem gesteigerten Verkehr im Lauf dieses Jahrhunderts ihre Anzahl wesentlich vergröfsert. Der gröfsere Tiefgang und die gröfsere Länge der Handelsschiffe machte aber die Erbauung von Flotthäfen nothwendig, da zwar kleinere und flachgebaute Fahrzeuge ohne Nachtheil bei fallendem Wasser auf die Sand- und Schlammablagerungen im offnen Hafen gestellt werden durften, die langen und scharf gebauten Schiffe der neuern Handelsmarine dabei aber der gröfsten Gefahr ausgesetzt sein würden.

Die Gröfse des Flotthafens wird nach dem erwarteten Verkehr bemessen, und man mufs dafür sorgen, dafs die

*) Im zweiten Theil dieses Handbuchs § 63 sind verschiedene Mittheilungen über die Erfindung der Schiffsschleusen zusammen gestellt.

Digitized by Google

ermittelte Anzahl der Schiffe nicht nur darin Platz findet, sondern dafs dieselben, wenn sie nicht etwa längere Zeit im Hafen liegen sollen, auch die nöthigen Anlegeplätze an den Kais finden, um ohne langen Aufenthalt beladen oder gelöscht zu werden. In England, wo nur die Kriegshäfen und in neuster Zeit einige Sicherheitshäfen von der Regierung erbaut sind, die übrigen aber entweder den Städten oder Privatgesellschaften gehören, sind die Flotthäfen meist mit grofsen Magazinen und offenen Lagerräumen umgeben. Diese werden in einzelnen Theilen an Kaufleute vermiethet, oder für die daselbst aufbewahrten Güter wird ein bestimmtes Lagergeld erhoben, so wie auch jedes einlaufende Schiff eine gewisse Abgabe an die Gesellschaft zahlen mufs. In diesem Fall bezeichnet man mit der Benennung Dock nicht nur den Flotthafen, sondern auch die dazu gehörigen Speicher und den ganzen abgeschlossnen Raum, der das Eigenthum der Gesellschaft ist. Befindet sich ein solches Dock an einem offnen und breiten Strom, neben dem man wegen des Wellenschlags die Dockschleuse nicht ohne weitern Schutz erbauen darf, so mufs davor noch ein besonderer Vorhafen angelegt werden. In Liverpool ist dieses sehr vielfach geschehn und hier zieht sich auf mehr als drei Viertel Deutsche Meilen Länge eine Reihe von Docks mit ihren Vorhäfen am Ufer des Mersey hin. Die Anzahl der Vorhäfen ist aber bedeutend geringer, als die der Docks, insofern gewöhnlich zwei und oft sogar drei der letztern einen gemeinschaftlichen Vorhafen haben. Auch sind die Docks vielfach unter sich durch Schleusen verbunden, um namentlich bei einem Brande die Schiffe aus einem in das andre überzuführen und sie dadurch zu retten, da der Ausgang in den Vorhafen nur zur Zeit des Hochwassers möglich ist. Auch in andern Häfen, welche nicht Eigenthum von Privatgesellschaften sind, bildet sich bei zunehmendem Verkehr oft eine grofse Anzahl von Flotthäfen, welche den Vorhafen rings umgeben, und soweit es geschehn kann, vielfach mit diesem, jedenfalls aber unter sich verbunden sind. Dieses ist zum Beispiel im Havre der Fall.

Die Tiefe des Flotthafens oder die Höhenlage seiner Sohle ist theils von dem Tiefgang der gröfsten darin aufzunehmenden Schiffe, und theils von der Höhe der Fluthen abhängig.

Digitized by Google

Indem gemeinhin die Dockschleuse nur aus einem einfachen Thorpaar besteht, so kann der Durchgang der Schiffe durch dieselbe nur statt finden, wenn das äufsere Wasser mit dem innern im Niveau steht. Zur Zeit des geringsten Fluthwechsels, oder der todten Fluthen mufs daher das Wasser im Dock bis zu der Höhe derselben abgelassen werden. Hiernach ist bei der Ermittelung der Sohlenhöhe nicht etwa das mittlere, sondern das niedrigste Hochwasser zum Grunde zu legen. Nichts desto weniger pflegt man von dieser Regel doch häufig abzuweichen, oder vielmehr werden die Docks nicht selten von Schiffen besucht, die gröfser sind, als man bei der Anlage der Häfen beabsichtigte, und man pflegt alsdann bei den niedrigsten Hochwassern, also zur Zeit der todten Fluthen die Schleuse gar nicht zu öffnen, so dafs der Wasserstand im Dock bis zu diesem nicht herabsinkt, auch geschieht es zuweilen, dafs die Schiffe, welche am tiefsten gehn, sich auf den Grund setzen, während sie grofsentheils noch im Wasser liegen, also der Druck, den ihr Kiel erleidet, nicht erheblich ist. Bei weichem und ebenem Boden ist die Berührung desselben und zwar in dem ruhigen Wasser des Flotthafens nicht besonders nachtheilig, nichts desto weniger empfiehlt es sich doch, solches zu vermeiden und die Sohle tiefer zu legen. Hiezu kommt noch, dafs eines Theils der Stand des Hochwassers sich keineswegs vollständig im Flotthafen erhält, und andern Theils auch gewöhnlich eine spätere Verflachung nicht zu vermeiden ist, also die ursprüngliche Tiefe sich bald vermindert. Hiernach begründet sich die Regel, das Dock so zu vertiefen, dafs selbst die gröfsten Schiffe, für die es bestimmt ist, zur Zeit der niedrigsten Hochwasser noch 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fufs Wasser unter dem Kiel behalten.

Die beiden erwähnten Umstände, welche die Verminderung der Wassertiefe veranlassen, müssen näher erörtert werden. Die einfache Dockschleuse läfst sich nur öffnen, wenn der äufsere Wasserstand die Höhe des innern erreicht, übersteigt er diese, so öffnen sich die Thore von selbst, bleibt er dagegen darunter, so mufs man den Wasserstand im Dock mittelst der Schütze in den Thoren, oder durch Umläufe bis zur Höhe des äufsern senken. Um dieses Abfliefsen auf das geringste Maafs zu beschränken, so wartet man in der Regel den Zeitpunkt ab, bis das äufsere Wasser zum Niveau des innern angestiegen ist. Alsdann werden

Digitized by Google

die Thore aufgewunden und das Ein- und Ausbringen der Schiffe beginnt. Wie sehr dasselbe aber auch beschleunigt wird, so nimmt es doch, namentlich bei grofsen Schiffen, längere Zeit in Anspruch, und es vergeht leicht eine halbe oder auch wohl eine ganze Stunde, ehe die Thore wieder geschlossen werden können. Der äufsere Wasserstand ist inzwischen noch gestiegen oder bei der bereits eingetretenen Ebbe wieder gesunken, und der innere stellt sich, so lange die Schleuse geöffnet ist, mit demselben ins Niveau. Der Wasserstand, der beim Schliefsen der Thore im Dock zurückbleibt, ist daher gemeinhin nicht mehr der des Hochwassers, sondern ein niedrigerer. Er kann indessen auch sehr tief sinken, wenn viele Schiffe die Schleuse passiren, und besonders wenn eines derselben wegen des gröfsern Tiefganges den Drempel berührt. Ein solches Ereignifs ist überaus gefährlich, da das Hindernifs beim fallenden Wasser von Minute zu Minute immer gröfser wird, und der ganze Flotthafen trocken laufen würde, wenn das Schiff aus der Schleuse nicht zu entfernen wäre, und diese daher offen bleiben müfste. Es ist hiernach die gröfste Vorsicht geboten, dieses zu vermeiden, und wenn es dennoch geschieht, mufs schleunigst Hülfe geschafft werden. Bei dem lebhaften Verkehr in den Englischen Docks sind in dieser Beziehung sehr kräftige Vorkehrungen getroffen. Die im Dock befindlichen Arbeiter werden augenblicklich hinzugerufen und mittelst der zu diesem Zweck bereit gehaltenen kräftigen Erdwinden wird das Schiff, wenn es auch schon auf dem Drempel oder auf dem Grund fest aufliegen sollte, gewaltsam in das Dock oder in den Vorhafen gerissen, wo gerade der geringste Widerstand zu erwarten ist. Auf die Beschädigungen, welche das Schiff dabei erleidet, kommt es in diesem Fall nicht an, indem dasselbe doch verloren wäre, wenn es während der ganzen Ebbe in der Schleuse liegen bliebe. Solche Unfälle gehören indessen zu den gröfsten Seltenheiten, da die Capitaine selbst wissen, was sie wagen, wenn das Schiff bei ungenügendem oder zweifelhaftem Wasserstand in die Schleuse geht.

Der beim Schlufs der Thore vorhandene Wasserstand erhält sich aber auch nicht vollständig im Dock, bis zum nächsten Hochwasser, weil theils die Undichtigkeit der Schleuse und theils die des Bodens ein merkliches Abfliefsen in das tief

Digitized by Google

herabsinkende Aufsenwasser veranlafst. Diese Senkung beträgt in einer Fluthperiode und zwar bei Springfluthen, wo sie am gröfsten ist, 6 bis 10 Zoll. Sie scheint vorzugsweise von der Undichtigkeit der Schleusen herzurühren, denn je gröfser die Weite derselben und je kleiner der Flotthafen ist, um so gröfser ist sie. Bei todten Fluthen, welche in dieser Beziehung vorzugsweise in Betracht kommen, ist sie nur ungefähr halb so grofs, wie bei Springfluthen.

Die in den Flotthäfen eintretende Aufschlickung rührt, wenn man von den Verunreinigungen absieht, die sich durch anderweite Abführung des Wassers aus den Strafsen und durch gehörige Ueberwachung vermeiden lassen, von den erdigen Theilchen her, die in dem Wasser schweben, welches entweder durch die Dockschleuse oder durch Umläufe in den Flotthafen tritt, und bei jedesmaliger Benutzung der Schleuse den innern Wasserstand mit dem äufsern ausgleicht. Das Seewasser an sich ist rein, daher würde ein Dock unmittelbar an der offenen und tiefen See keiner Verschlammung ausgesetzt sein. Eine solche zeigt sich nur, wo ausgedehnte Untiefen davor liegen, über welche die Fluth einströmt, und von denen sie grofse Massen in sich aufnimmt. Namentlich geschieht dieses in den Flufsmündungen, und an diesen liegen die meisten Häfen. Ein sehr günstiger Umstand ist es, dafs die Ausgleichung des Wasserspiegels in den Flotthäfen um die Zeit des Hochwassers erfolgt, wo der Schlickgehalt geringer als im Anfang der Fluth ist (§ 12). Aufserdem ist die Menge des Schlicks der zugeführten Wassermasse proportional, also der Höhe der Wasserschicht, die jedesmal hinzutritt. Im Flotthafen ist der hohe Stand des nächst vorhergegangenen Hochwassers, wenn auch nicht vollständig, so doch annähernd, bereits vorhanden, es bedarf also selbst in der Zeit, wenn das Hochwasser jeder folgenden Fluth eine gröfsere Höhe erreicht, nur einer mäfsigen Schicht, um den Wasserspiegel im Dock mit dem äufsern auszugleichen. Aus diesen Gründen ist die Verflachung viel geringer, als in den Vorhäfen, die jedesmal vollständig und zwar während der ganzen Dauer der Fluth gefüllt werden.

Nichts desto weniger pflegen diese Verflachungen doch niemals ganz zu fehlen und man ist überall gezwungen, von Zeit zu Zeit, wenn auch nur nach einigen Jahren, den Flotthafen

Digitized by Google

durch Baggern zu vertiefen. Am stärksten sind die Niederschläge in der Nähe der Schleuse, weil das eintretende trübe Wasser sich hier vorzugsweise ansammelt, indem es das bereits im Hafen befindliche zurückdrängt. Dasselbe klärt sich wegen der mangelnden Bewegung vollständig, so dafs alle Schlicktheilchen, die es enthält, niederschlagen. Wenn die Masse der jährlich zu beseitigenden Erde an sich auch nicht bedeutend ist, so treten doch der Baggerung in einem Flotthafen grofse Schwierigkeiten entgegen. Zunächst ist es jedenfalls mit Rücksicht auf die Feuersgefahr bedenklich, und zuweilen sogar bestimmt verboten, einen Dampfbagger dabei zu benutzen, weil kein Feuer in einem im Dock liegenden Schiff angemacht werden darf. Es mufs bei dieser Gelegenheit daran erinnert werden, dafs diejenigen Dampfböte, welche in bestimmten Tagesstunden abgehn, in den Vorhäfen bleiben, weil sie aus den Docks nur zur Zeit des Hochwassers auslaufen könnten. Die andern Dampfböte dagegen, sofern ihre grofsen Dimensionen nicht das Einlaufen in die Docks verbieten, müssen durch Bugsiren oder Warpen, also ohne Dampf aus- und eingebracht werden. Nichts desto weniger ist man in Bezug auf die Feuerung der Dampfböte und sonach auch der Dampfbagger in neuerer Zeit vielfach nachsichtiger geworden, als man früher war.

Ein andrer Umstand, der das Baggern in einem Dock wesentlich erschwert, ist der Schiffsverkehr, der vielfache Unterbrechungen veranlafst, und oft auch insofern störend ist, als der zum kräftigen Betrieb des Baggers erforderliche Raum, gar nicht freigegeben werden kann. Endlich tritt noch der Uebelstand ein, dafs man die gefüllten Prahme nur zur Zeit des Hochwassers ausbringen und gleichzeitig auch die leeren Prahme wieder einbringen mufs. Hierdurch wird die Benutzung des Baggers wesentlich beschränkt. Wofern man nicht so viele Prahme disponibel hat, dafs die Hälfte derselben schon das während 12 Stunden gehobene Material aufnehmen kann, so mufs man den Bagger zeitweise aufser Thätigkeit setzen, wodurch nicht nur die Arbeit vertheuert, sondern auch zum grofsen Nachtheil des Verkehrs die Dauer derselben ausgedehnt wird. Den Baggerschlick neben dem Dock auszukarren, verbietet sich gemeinhin durch den Mangel eines hierzu geeigneten Platzes.

Digitized by Google

Diese verschiedenen Umstände sind Veranlassung, dafs man sich allgemein bemüht, die unvermeidlichen Verflachungen in einem Flotthafen auf das geringste Maafs zu beschränken. In dieser Beziehung mufs die jedesmalige Senkung des Wasserspiegels so geringe, wie irgend möglich bleiben, denn je mehr Wasser abfliefst, um so mehr mufs beim nächsten Hochwasser wieder zugeführt werden. Die Aenderungen des äufsern Wasserstandes sind aber am geringsten in der Zeit des Hochwassers, daher empfiehlt es sich, gerade diese Zeit zum Durchlassen der Schiffe zu benutzen, also nach Maafsgabe der Anzahl der letztern die Thore eben so lange vor, als nach dem Hochwasser geöffnet zu erhalten. Besonders wichtig ist diese Rücksicht bei Häfen, die an Strömen liegen, woselbst das Profil der Fluthwelle in dem obern Scheitel oft eine scharfe Ecke zeigt, also gar kein Stillstand eintritt, sondern das Steigen des Wassers plötzlich in ein starkes Fallen übergeht (§ 9).

Demnächst läfst sich der Abflufs aus dem Flotthafen auch dadurch wesentlich vermindern, dafs man die einfache Dockschleuse, die nur aus einem einzelnen Haupt besteht, durch eine vollständige Kastenschleuse ersetzt. Wenn hierdurch auch nicht dem Wasserverlust ganz vorgebeugt werden kann, so wird derselbe doch viel geringer, weil die kleinern Schiffe vor und nach dem Eintritt des Hochwassers durchgehn, ohne dafs der innere Wasserspiegel dem des äufsern gleich zu sein braucht. Auch ist alsdann die Gelegenheit geboten, die Baggerprahme schon bei halber Fluth und noch bei halber Ebbe aus- und einzulassen. Das alte Dock in Bremerhaven, so wie auch das in späterer Zeit bei Geestemünde erbaute sind in dieser Art mit vollständigen Schiffsschleusen versehn*). Diese Vorsicht ist gewifs insofern gerechtfertigt, als gerade hier die Aufschlickung übermäfsig stark ist.

In manchen Englischen Häfen hat man statt einer Kammerschleuse zu gleichem Zweck ein gröfseres Zwischenbassin

*) Die Beschreibung der Schleuse des Geestemünder Hafens ist im XI. Jahrgang der Zeitschrift des Hannoverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins mitgetheilt. Von der Schleuse des ältern Docks in Bremerhaven ist im zweiten Theil dieses Handbuchs § 74 die Rede gewesen.

Digitized by Google

erbaut, welches durch ein Schleusenhaupt von dem eigentlichen Dock und durch ein zweites von dem Strome getrennt ist. In diesem Bassin wird gewöhnlich ein mittlerer Wasserstand gehalten, woher es das Bassin der halben Fluth (half-tide basin) genannt wird. Sobald das äufsere Wasser sich bis zu seinem Niveau erhebt, so können Schiffe von mindrem Tiefgang aus- und einkommen, es setzt sich aber gewöhnlich mit dem Flotthafen erst in Verbindung, wenn das Hochwasser eingetreten ist. Es hat vor der gewöhnlichen Dockschleuse den Vorzug, dafs es eine grofse Anzahl von Schiffen aufnehmen kann, aber es steht derselben insofern nach, als es bei seinem jedesmaligen Gebrauch einer viel gröfsern Wassermasse zu seiner Füllung bedarf. Wird diese aus dem Flotthafen entnommen, so mufs sie später wieder durch neuen Zufluſs ersetzt werden. Oeffnet man dagegen die äufsern Thore schon bei halber Fluth, so tritt dieselbe Wassermasse sogleich von aussen hinein und in beiden Fällen erfolgen die betreffenden Niederschläge aus dem neuhinzukommenden Wasser entweder in dem Flotthafen oder im Zwischenbassin und müssen hier, wie dort, durch Baggern wieder beseitigt werden. Dergleichen Bassins der halben Fluth pflegt man daher nur einzurichten, wenn das Fluthwasser rein ist.

Wenn das Dock eine grofse Ausdehnung hat und das Hochwasser nicht lange anhält, vielmehr das Steigen sehr bald in ein schnelles Fallen übergeht, so kann die Ausgleichung des Wasserstandes nur langsam eintreten und es bildet sich deshalb in der geöffneten Schleuse eine heftige Strömung, welche den Durchgang der Schiffe erschwert und selbst gefährlich macht. Diese Strömung wird aber, je länger man zögert, immer stärker, weil das äufsere Wasser beim Beginn der Ebbe nicht so schnell sinkt, als wenn es schon tiefer abgefallen ist. Besonders ungünstig gestalten sich die Verhältnisse, wenn der Wasserstand im Dock von dem äufsern Wasser nicht erreicht wird, also wenn das vorhergehende Hochwasser bedeutend höher war. Alsdann mufs man durch die Schütze in den Thoren oder durch Umläufe das Niveau des Docks soweit senken, bis die Thore sich öffnen lassen, und in solchem Fall kann es geschehn, dafs dieses gar nicht gelingt, weil bei der eintretenden Ebbe das äufsere Wasser schneller sinkt, als das innere abfliefst, und sonach die Niveau-

Digitized by Google

Differenz immer gröfser wird. Die Schiffahrt wird alsdann vollständig unterbrochen, und das Hochwasser geht vorüber, ohne dafs ein Schiff ein- oder ausgebracht werden kann. Dieser Uebelstand hat Veranlassung gegeben, dafs man das neue Dock in Bremerhaven weiter abwärts noch durch einen überwölbten Canal mit der Weser in Verbindung gesetzt hat, der neben dem Strom durch ein Schütz und in der Nähe des Docks durch eine Vorrichtung geschlossen wird, die einem Fächerthore nachgebildet ist. Mittelst gewisser Ventile kann unter dem Ueberdruck von der einen oder der andern Seite diese Verbindung beliebig geöffnet oder geschlossen werden.

Wenn die Kais eines Flotthafens unter dem Wasserstand liegen, der bei ungewöhnlichen Sturmfluthen eintritt, so müssen letztere vom Flotthafen abgehalten werden. Dieser Fall tritt in Englischen Häfen selten ein, wohl aber an der Deutschen und Niederländischen Nordseeküste. Die Ursache dieser Verschiedenheit beruht in dem Vorkommen der Sturmfluthen, welche auf dem südlichen Ufer der Nordsee zuweilen Wasserstände veranlassen, die das Maafs der Springfluthen weit übersteigen (§ 7). Das ganze Dock mufs alsdann eingedeicht und die Dockschleuse in Verbindung mit den Deichen mit Fluththoren versehn werden.

Dafs man zuweilen versucht hat, die Flotthäfen als Spülbassins zu benutzen, dafs dieselben aber in mehrfacher Beziehung hiezu nicht geeignet sind, ist bereits bei Gelegenheit der Spülungen (§ 44) erwähnt worden.

Ueber die Dockschleusen ist wenig zu bemerken, da sie gemeinhin nichts andres, als gewöhnliche Schleusenhäupter mit einem einzigen Thorpaar sind, welches nach der Seite des Docks aufschlägt, also den hohen Wasserstand in demselben während der Ebbe und der folgenden Fluth zurückhält, bis es gegen das Ende der letztern sich entweder von selbst öffnet, oder nach einiger Ausgleichung des Niveaus geöffnet werden kann. Im II. Theil dieses Handbuchs und zwar Abschnitt XI sind mehrere dieser Dockschleusen beschrieben, wie auch daselbst (§ 67) die sehr solide Construction ihrer Thore. Die grofse Festigkeit derselben ist nicht nur wegen der Weite der Schleuse und wegen des starken Wasserdrucks geboten, dem sie gemeinhin ausgesetzt sind, sondern auch weil sie nicht mit der Vorsicht, wie die Thore von Canal-

Digitized by Google

schleusen, behandelt werden können. Namentlich erfolgt ihr Schluſs gemeinhin nicht früher, als bis sich bereits eine starke Strömung in der Schleuse eingestellt hat, woher heftige Erschütterungen nicht zu fehlen pflegen. Andrerseits werden sie aber auch schon geöffnet, wenn die Ausgleichung des Niveaus noch nicht vollständig eingetreten ist. Sehr zweckmäſsig werden sie sowohl beim Schlieſsen, als beim Oeffnen, in der halben Höhe der Schlagsäulen durch Ketten gefaſst, die man mittelst kräftiger Winden anziehn oder zurückhalten kann.

Wenn der Fluthwechsel sehr groſs ist, wie bei St. Malo und Granville, wo derselbe bei Springfluthen 36 und 39 Fuſs beträgt, wagt man die einfachen Thore nicht dem ganzen Druck auszusetzen, wenn auch das Niedrigwasser weit unter die Schlagschwellen hinabsinkt. Man bringt alsdann in der Dockschleuse zwei Paar Ebbethore an, auf welche mittelst der Schütze der Druck gleichmäſsig vertheilt wird. Daſs zuweilen auch ein Paar Fluththore, die also nach auſsen aufschlagen, noch hinzugefügt wird, um das höchste Wasser vom Dock abzuhalten, ist bereits erwähnt.

In manchen Fällen wird eine zweite Thorkammer für Ebbethore neben der ersten angebracht, um ohne Störung des Verkehrs neue Thore einhängen zu können, falls die ältern nicht mehr sicher sind. Zu diesem Zweck pflegt man auch für andre Abschlüsse zu sorgen. Dammbalken sind bei der groſsen Weite dieser Schleusen meist nicht zu gebrauchen, dafür werden aber zuweilen Pontonthore benutzt, wie sie zum Schlieſsen der Trockendocks üblich sind. Dieses sind groſse hölzerne oder eiserne passend geformte Fahrzeuge, deren Kiel und deren beide Steven in die Nuthen am Boden und an den Seitenmauern der Schleuse so genau schlieſsend eingreifen, daſs dadurch der Abfluſs des Wassers vollständig gehindert wird. Gehören die verschiedenen Docks eines Hafens nicht verschiedenen Gesellschaften, so werden die Schleusen so übereinstimmend ausgeführt, daſs dasselbe Pontonthor nach Bedürfniſs bei einem oder dem andern zu benutzen ist.

Wenn der Eingang zum Flotthafen auch durch den Vorhafen geschützt wird, so treten dennoch nicht selten in den letztern hohe Wellen ein, welche die Dockschleuse treffen. Indem dabei der Druck gegen die Auſsenseite der Thore abwechselnd

Digitized by Google

schwächer und stärker wird, so öffnen und schliefsen sich diese, so lange die Niveau-Differenz zwischen dem innern und äufsern Wasserstand noch geringe ist. Dabei findet aber fortwährend eine Ausgleichung des Wasserstandes statt, das Niveau im Dock senkt sich also, während das Wasser im Vorhafen fällt, und wenn endlich auch der Druck von der Binnenseite so grofs wird, dafs der Stofs der Wellen denselben nicht mehr überwindet, so pflegen doch, wenn dieses nicht durch besondere Vorkehrungen veranlafst wird, die Thore lange Zeit hindurch auf- und zuzuschlagen, wobei sie theils selbst leiden, theils aber auch der Wasserstand im Dock unnöthiger Weise gesenkt wird. Die Bewegungen, welche die Thore dabei machen, sind keineswegs ganz unbedeutend, vielmehr pflegen sich ihre Schlagsäulen 1 bis 2 Fufs von den Drempeln zu entfernen.

Bei mäfsiger Schleusenweite kann man durch Feststellen der Winden, mittelst derer die Thore geschlossen werden, diesem Hin- und Herschlagen schon vorbeugen. Wenn dagegen die Schleusenweite mehr als 40 Fufs beträgt, so ist bei starkem Wellenschlag dieses Mittel nicht mehr genügend, weil eines Theils der zu Zeiten eintretende Druck für die Kette und die Winde gefährlich wird, andern Theils aber auch das Thor, das nur in seiner halben Höhe an der Schlagsäule gehalten wird, sowohl oben wie unten durchbiegt, und dadurch in seiner Verbindung leidet. Es kommt demnach darauf an, jedes Thor in seiner ganzen Höhe abzusteifen, und zwar gegen diejenigen Verbandstücke, auf denen vorzugsweise seine Festigkeit beruht, also gegen die Riegel.

Anordnungen dieser Art sieht man mehrfach in den Französischen Häfen am Canal. Fig. 225 *a* und *b* zeigt eine solche im horizontalen Durchschnitt und in der Ansicht von der Seite. Die letzte Figur in der Richtung *C D E* der ersten gezeichnet, enthält zugleich den verticalen Querschnitt durch das Schleusenthor. Zwei Rahmen, wie Schleusenthore geformt und verbunden, befinden sich in den Thornischen, in welche die Schleusenthore zurückschlagen. Diese Rahmen stehn alsdann, wie die punktirten Linien in Fig. 225 *a* andeuten, zunächst neben den Mauern. Schliefst man die Thore, so schiebt man diese Rahmen vor. Sie lehnen sich alsdann mit ihren Schlagsäulen an kreisförmig, jedoch etwas excentrisch ausgeschnittene Knaggen auf den Riegeln der

Digitized by Google

Thore. Je weiter sie vorgeschoben werden, um so fester stellen sie sich gegen die Thore in Folge der excentrischen Flächen. Bei der Bewegung, die das Thor, selbst bei schwachem Wellenschlag macht, ist es leicht, sie soweit vorzuschieben, dafs die Thore fest gehalten werden. Sie würden indessen eben so leicht wieder zurückgehn, wenn sie nicht noch auf andre Art festgestellt würden. Die beiden Rahmen werden daher zusammengebunden und nunmehr erfüllen sie vollständig ihren Zweck. Soll die Dockschleuse geöffnet werden, so wird zunächst das Tau gelöst, mittelst dessen beide Rahmen mit einander verbunden waren, und wenn die Thore wegen des höhern Wasserstandes im Vorhafen sich öffnen können, schiebt man jene Rahmen in die Thornischen zurück.

In Frankreich nennt man diese Rahmen Valets. Dieselben setzen sich, wie die Zeichnung ergiebt, aus je einer Wendesäule und Schlagsäule und mehreren Riegeln zusammen. Die Säulen sind $11\frac{1}{2}$ Zoll stark und 15 Zoll breit, die Riegel dagegen nur 10 Zoll stark, doch werden sie unter sich dreimal durch je zwei verticale aufgebolzte Zangen verbunden. Aufserdem dienen vier eiserne Stangen und zwei Schienen zur sichern Verbindung der Wendesäule mit der Schlagsäule, von denen die erstern mittelst Schraubenmuttern auch später nachgezogen werden können. Endlich wird das Sacken des Rahmens durch zwei gleichfalls mit Schraubengewinden versehene Zugbänder verhindert.

Die beschriebene Absteifung der Thore bietet noch Gelegenheit, etwas höhere Fluthen von dem Dock abzuhalten. Wenn nämlich kein Schiff ein- oder ausgebracht werden soll, also das Oeffnen der Schleuse während des Hochwassers nicht erforderlich ist, so bleiben die Thore selbst in dem Fall geschlossen, wenn der Wasserstand im Vorhafen denjenigen im Dock übersteigt. Bedeutend darf die Differenz nicht sein, sonst würden die Schleusenthore und noch mehr die Strebethore leiden, aber man soll zuweilen selbst einen äufsern Wasserstand von 1 Meter über dem des Docks zurückgehalten haben.

An den Ufern solcher Meere, worin die Fluthwelle eine merkliche Höhe erreicht, bildet sich häufig in geschützten Buchten oder in den Mündungen kleiner Flüsse einiger Schiffsverkehr. Die Fahrzeuge von geringem Tiefgang, die hier einlaufen, bleiben

Digitized by Google

aber nicht schwimmen, stellen sich vielmehr bei fallendem Wasser auf den Grund und zwar oft so vollständig, dafs man am Ende der Ebbe trockenen Fufses zu ihnen gelangen kann. Damit sie dabei nicht leiden, müssen sie flache Boden haben und hinreichend fest gebaut sein, auch darf der Grund nur aus weicher und nachgiebiger Masse, oder aus Sand bestehn, und es werden solche Stellen für sie ausgesucht, wo dieser recht eben ist.

Dabei tritt jedoch, wie dieses beispielsweise in der Geeste geschehn ist, zuweilen der höchst gefährliche Uebelstand ein, dafs der zähe Thonboden so fest an dem Fahrzeuge haftet, dafs das steigende Wasser nicht dazwischen eindringen, und sonach auch das Schiff nicht heben kann. Letzteres bleibt also in der Tiefe und wird von der steigenden Fluth gefüllt. Ist dieses zu besorgen, so wird, während das Schiff noch schwimmt, eine Kette unter dem Boden desselben von einer Seite nach der andern hindurchgezogen, und dieselbe beim Beginn der folgenden Fluth hin und her bewegt, und hierdurch dem Wasser der Zutritt eröffnet.

Ueber die offenen Häfen, die mit dem Meer in unmittelbarer Verbindung stehn, bleibt nur zu erwähnen, dafs dieselben in unserm Klima zuweilen durch Eis gesperrt werden, das sowohl in den Häfen selbst, als auch in den Tiefen, also in den Verbindungen mit dem Meer sich bildet. Bei Beschreibung des Pillauer Hafens ist hiervon bereits die Rede gewesen, und erwähnt, dafs namentlich der hintere Theil dieses Hafens bei anhaltendem Frost dadurch dem Verkehr verschlossen bleibt. Man pflegt alsdann bei besonderer Veranlassung mit bedeutenden Kosten eine Rinne künstlich zu eröffnen und zwar geschieht dieses vorzugsweise in der Art, dafs grofse Eistafeln ausgesägt und unter das daneben befindliche Eis geschoben werden. Man bedient sich dabei der gewöhnlichen Brettschneidersäge, die aber am untern Ende mit angehängten Gewichten beschwert sein mufs. Eine solche ist bei festem Eise von 2 Fufs Stärke noch bequem zu benutzen.

Dieses Verfahren läfst sich indessen nicht mehr in Anwendung bringen, wenn es darauf ankommt, längere Fahrwasser, wie etwa durch das Haff nach Königsberg zu eröffnen. Eiserne Dampfschiffe durchbrechen freilich schwächere Eisdecken, ohne selbst dabei beschädigt zu werden, doch hat man in neuerer Zeit solche

Digitized by Google

eigens zu diesem Zweck erbaut. Namentlich ist dieses wiederholentlich in Amerikanischen Häfen geschehn, auch existiren seit einigen Jahren drei solche in Hamburg, die zur Zeit des Frostes, täglich von hier aus bis zur eisfreien Unterelbe hin- und hergehn und für die auf- und abkommenden Schiffe eine Rinne frei erhalten.

Die beiden gröfsern dieser Hamburger Eisschiffe sind eiserne Schraubendampfer, 130 Fufs lang, im Hauptspant 32 Fufs breit und von 12 Fufs Tiefgang. Der Vordersteven ist stark vorn übergeneigt und stellt sich nicht stumpf gegen den Kiel, sondern schliefst sich in sanfter Krümmung an ihn an, so dafs letzterer gleichsam seine Fortsetzung bildet. Die Wirksamkeit des Schiffs beruht darauf, dafs dasselbe beim Gegenstofsen sich vorn erhebt und durch sein Gewicht das Eis zerbricht, auf welches es aufgefahren ist. Es kommt also darauf an, es vorn zu heben. Zu diesem Zweck ist der Bug möglichst voll gehalten, und aufserdem ist der hintere Theil des Raums durch ein Schott wasserdicht abgeschlossen, und wenn hier Wasser eingelassen wird, so stellt das Schiff sich noch schräger und steigt um so leichter auf das Eis. Es soll alsdann noch eine bis 5 Fufs starke Decke zusammengeschobenen Eises durchbrechen. Dem stärksten Angriff ist der Bug ausgesetzt, die Spanten liegen in demselben sehr nahe neben einander und das Blech ist hier 1 Zoll stark. Damit aber der weiter rückwärts liegende Theil nicht etwa vom Eise eingeschlossen wird, so ist der Hauptspant sehr weit nach vorn geschoben und von ihm ab vermindert sich die Breite des Schiffs.

Beim Auffahren auf das Eis wird dieses durch viele strahlenförmige Risse zerbrochen, und wenn die Schollen dahinter auch wieder zusammentreten, so ist der Durchgang einem folgenden Schiffe doch eröffnet, und nicht selten versieht das Eisschiff für dieses auch den Dienst als Schlepper.

§ 85.

Hafenwände.

Damit ein bequemer Verkehr zwischen den Schiffen und den Kais sich darstellen kann, müssen letztere sich steil aus der Tiefe

Digitized by Google

erheben, sie müssen also sich gegen senkrechte, oder doch nur wenig geneigte Wände lehnen. Diese Wände sind bei dem grofsen Tiefgang der Seeschiffe einem starken Erddruck ausgesetzt, und müssen daher sehr solide ausgeführt sein. Dazu kommt noch, dafs in denjenigen Häfen, wo der Fluthwechsel bedeutend ist, die Hinterfüllungserde in kurzen Zwischenzeiten bis zu grofser Höhe mit Wasser getränkt wird, welches bei dem darauf folgenden niedrigen Wasser den Seitendruck wesentlich verstärkt und zugleich die Cohäsion und die Reibung vermindert. Selbst bei den Kaimauern der Flotthäfen oder der Docks mufs man hierauf Rücksicht nehmen, denn wenn in denselben auch das Hochwasser zurückgehalten wird, also die eintretenden Differenzen weniger bedeutend sind, auch nicht in so kurzen Zwischenzeiten sich darstellen, so darf man die periodisch nöthigen Reparaturen der Schleuse oder der Mauern nicht unbeachtet lassen, wobei der volle Fluthwechsel einzutreten pflegt. Die Mauern müssen aber auch so fest sein, dafs sie unmittelbar nach ihrer Ausführung und Hinterfüllung, bevor das Wasser in das Dock eingelassen ist, also in einer Zeit, wenn der Erddruck noch stärker ist, als später, nicht einstürzen, wie dieses im neuen Dock zu Bremerhaven geschah. Bei Ausführung massiver Hafenwände tritt noch häufig die Schwierigkeit hinzu, dafs der Untergrund bis zu grofser Tiefe aus Schlamm und Moor besteht, also die Fundirung theils gegen das Versacken und theils gegen das Verschieben gesichert werden mufs.

Im Allgemeinen wird die Umschliefsung der Häfen durch den Fluthwechsel in sofern *erleichtert*, als bei kleinem Wasser und namentlich zur Zeit der Springfluthen die Sohle ganz oder beinahe trocken ist. Die Anwendung von Holzconstructionen verbietet sich aber in diesen Häfen, weil solche bei dem wechselnden Wasserstand zu vergänglich sein würden. Selbst die Flotthäfen, worin ein constanter Wasserstand erhalten wird, hat man nur selten mit Bohlwerken eingefafst. An denjenigen Meeren, die keinen bedeutenden Fluthwechsel zeigen, müssen die Mauern bis tief unter Wasser herabgeführt werden, es hindert aber nichts, *Holzwände* hier zu wählen, deren Ausführung leichter ist, und die sich unversehrt erhalten, soweit sie unter Wasser bleiben, oder nur vorübergehend wenig über dasselbe vortreten. Dabei

Digitized by Google

mufs auch auf den Bohrwurm Rücksicht genommen werden. Wo dieser sich zeigt, darf das Holz mehrere Fufs tief nicht mit dem offenen Wasser in Berührung treten. Am Mittelländischen Meere verbieten sich daher die Holzconstructionen, wohl aber empfehlen sie sich an der Ostsee, wo wegen des schwachen Salzgehaltes der Bohrwurm beinahe gar nicht vorkommt, die Holzpreise dagegen sehr mäfsig sind.

In der einfachsten Weise schliefst man einen Hafen durch Pfahlwände ein, worin die einzelnen Pfähle etwa 3 Fufs von Mitte zu Mitte entfernt sind, und hinter welche man gewöhnliche Faschinen oder auch Senkfaschinen packt, die demnächst mit Erde oder Sand hinterfüllt werden. Diese Methode war früher in Stolpmünde üblich. Sie bietet indessen keineswegs die nöthige Sicherheit. Die Faschinen sind nicht nur über Wasser sehr vergänglich, sondern sie lassen sich auch, wenn sie einzeln liegen, nicht so dicht verpacken, dafs sie namentlich bei einigem Wellenschlag das Hindurchfallen der Erde verhindern. Auch in dem alten Dock zu Bremerhaven hatte man ursprünglich diese Constructionsart gewählt, doch mufste dieselbe sehr bald durch Kaimauern ersetzt werden. Jene Packung veranlafste nämlich nicht nur ein fortwährendes Einsinken der Strassen, sondern es trat dabei noch ein andrer höchst gefährlicher Uebelstand ein. In den Faschinen nisteten nämlich Wasserratten in zahlloser Menge. Man sah sie stets über den Hafen schwimmen und dicht über dem Wasserspiegel nagten sie die Schiffe an und durchbohrten dieselben sogar vollständig, so dafs beim Beladen zuweilen das Wasser so stark eindrang, dafs das Schiff wieder gelichtet und reparirt werden mufste.

Wie bedenklich die Hinterpackung einer Pfahlreihe mit Faschinen als Hafenwand auch sein mag, so ist man dennoch in manchen Fällen gezwungen, darauf zurückzukommen. Wenn nämlich in einem der Fluth und Ebbe nicht ausgesetzten Hafen die Wassertiefe etwa 40 Fufs beträgt, also die Pfähle keinen sichern Stand gewinnen können, auch der Untergrund so unrein ist, dafs man von der Ausführung einer Spundwand oder einer dicht schliefsenden Balkenwand absehn mufs, so bleibt nichts andres übrig, als eine Pfahlwand mit Faschinen zu hinterfüllen. Es wird dadurch der Vortheil erreicht, dafs der Erddruck, der wegen der

Digitized by Google

mangelnden Cohäsion der neuen Hinterfüllung anfangs besonders stark zu sein pflegt, sich bedeutend ermäfsigt, während der weitere Abbruch des dahinter liegenden Ufers schon sicher verhindert wird. Die Methode ist folgende.

Man stellt eine möglichst geschlofsne Pfahlwand dar, deren einzelne Pfähle aus Rundhölzern bestehn und sich in den nach oben gekehrten Stammenden berühren. Sie müssen etwa um die Hälfte, oder wenigstens um den dritten Theil der Wassertiefe länger sein, als diese ist. Bei den üblichen Holzstärken rechnet man auf die laufende Ruthe 10 Stück solcher Pfähle. Sie werden aber nicht lothrecht, sondern um 7 bis 15 Grade rückwärts geneigt unter die Ramme gestellt, um dem Erddruck mehr Widerstand zu leisten. Man treibt sie so weit ein, dafs ihre Köpfe etwa 1 Fufs über Mittelwasser vortreten, also fortwährend benetzt bleiben. In der Höhe des Mittelwassers lehnen sie sich gegen eine auf der Hafenseite angebrachte starke Zange und diese wird landwärts verankert. Die Anker sind so lang, dafs sie in den fest abgelagerten Grund dahinter eingreifen, und werden wegen ihrer Länge noch durch Zwischenpfähle unterstützt. Dieser starken Verankerung ohnerachtet darf dennoch die Wand nicht sogleich vollständig hinterfüllt werden, weil sonst entweder die Anker zerreifsen, oder die Wand mit diesen zugleich herübergedrückt werden könnte. Für spätere Zeiten ist diese Besorgnifs weniger bedeutend, da die Erde, besonders wenn sie durch Baggern gewonnen wird, zunächst noch so stark mit Wasser vermengt ist, dafs sie sich nicht sogleich geschlossen ablagert. Etwas Aehnliches gilt auch von der Faschinenpackung. Es wird sonach eine vorläufige Hinterfüllung eingeführt, deren Ueberhöhung und sorgfältige Unterhaltung für die nächsten Jahre in Aussicht genommen werden mufs, bis endlich ein so stabiler Zustand eingetreten ist, dafs das Ufer regulirt und abgepflastert werden kann.

Um die Faschinen bei der grofsen Wassertiefe sicher und bequem verpacken zu können, wird im Abstande von 8 Fufs auf der Landseite der neuen Pfahlwand noch eine zweite Reihe schwacher Pfähle gestellt, welche den mit Faschinen auszupackenden Raum auch von Innen einschliefst. Häufig ist dieses entbehrlich, indem die alte Ufereinfassung hierzu dient. Indem die Faschinen hier nicht forttreiben, noch auch seitwärts ausweichen

Digitized by Google

können, so darf man sie nur neben einander und zwar parallel zum Ufer auf das Wasser werfen. Durch ihr eignes Gewicht tauchen sie schon ein, und dieses geschieht vollständig, wenn die Arbeiter darauf treten und durch sorgfältiges Verlegen die Packung erhöhen. Es kommt nur darauf an, die Bildung von offenen Querfugen zu vermeiden, durch welche das Wasser unmittelbar hindurchdringen und die Hinterfüllungserde auswaschen könnte. Aus diesem Grund kann die Verbindung zu Senkstücken und Senkfaschinen nicht gebilligt werden, und selbst die Ueberdeckung der Lagen mit Querwürsten ist nicht angemessen. Diese und ähnliche Vorsichtsmaafsregeln sind aber auch ganz entbehrlich, weil die Faschinen nicht entweichen können, und weil sie bei dem spätern Nachsacken unter dem Druck, den sie theils von oben und theils von der Landseite durch die Hinterfüllungserde erfahren, sich fester ablagern und sicherer gegen die Pfahlwand lehnen, als dieses bei ihrer Versenkung künstlich veranlafst werden kann. Selbst wenn sie irgendwo anfangs den Grund nicht erreichen sollten, und sonach einige Auswaschung der Erde hinter den Pfählen einträte, so kann dieser Uebelstand bei der dauernden Sackung nicht nachtheilig sein, wohl aber wäre dieses zu besorgen, wenn man etwa zwischen Senkstücken Querfugen gebildet hätte, die sich nicht schliefsen lassen.

Die Faschinen werden bis einige Fufs hoch über Wasser gepackt und mit einer Lage gröfserer Steine überdeckt, der Raum dahinter aber gleichzeitig in Lagen von mäfsiger Stärke mit Baggererde ausgefüllt. Letztere darf nicht sogleich in grofser Höhe aufgeschüttet werden, weil sie alsdann einen zu starken Druck gegen die Pfahlwand ausüben würde, vielmehr mufs sie immer Gelegenheit haben, sich möglichst fest abzulagern, bevor eine neue Schicht darüber gebracht wird. Auch darf in der ersten Zeit die Schüttung nicht über Wasser heraufreichen. Dafs die Faschinen stark versacken und die darauf liegenden Steine bald eine ungeregelte Oberfläche annehmen, läfst sich nicht vermeiden, wenn aber die Steine unter den Wasserspiegel herabsinken, so hebt man sie ab, erhöht die Faschinenpackung und bringt die Steinlage wieder auf. Dieses Versacken wird indessen nach und nach immer geringer, und hört nach einigen Jahren fast ganz auf. Alsdann kann man zur definitiven Regulirung des

Digitized by Google

Ufers übergehn. Die Hinterfüllung mit Erde ist inzwischen bis über Waser erfolgt, und nunmehr entfernt man wieder die Steinlage und mit ihr alle Faschinen, die vielleicht noch nicht unter Wasser herabgesunken sein sollten. Alsdann wird eine Steinpackung nach Maafsgabe der beabsichtigten Dossirung darüber ausgeführt und abgepflastert. Der Fufs des Pflasters liegt, um den Seitendruck gegen die Wand möglichst zu vermindern, in der Höhe des mittleren Wasserstandes. Die äufsern Steine, sowohl in der Schüttung wie im Pflaster, müssen so grofs sein, dafs sie durch die Fugen zwischen den Pfählen nicht hindurchfallen. Sollten aber einzelne Fugen besonders weit geöffnet sein, so kann man dieselben durch Bohlen schliefsen, die auf der Uferseite neben der Pfahlwand eingeschoben werden.

Wenn gegen das so geschützte Ufer Schiffe gelegt werden sollen, so mufs man, um das Aufsetzen derselben auf die Zangen und die Pfahlköpfe zu verhindern, in Abständen von mindestens 12 Fufs davor Pfähle einrammen, die, wenn sie schräge gestellt sind, der Wand noch eine neue Unterstützung bieten. Sie werden gegen die Zange gebolzt, doch darf an ihrer äufsern Seite kein Eisen vortreten, weil dadurch die Schiffe beschädigt werden würden.

Ein Bau dieser Art wurde 1863 in Swinemünde begonnen. Das rechte Ufer der Swine bildet oberhalb des Oster-Nothhafens (Fig. 101) eine stark zurücktretende Bucht, in welche sowohl der eingehende, wie der ausgehende Strom einfällt und Tiefen von 30 bis über 40 Fufs dargestellt hat. Dieses Ufer war schon früher durch eine Pfahlwand geschützt, die man durch davor gelegte Senkstücke mit Steinbeschwerung zu halten versucht hatte. Der Versuch war indessen nicht gelungen, vielmehr wich die Wand stark über und drohte stellenweise den Einsturz, während das Ufer dahinter abbrach und versank. Bei dem nothwendigen Umbau mufste die scharfe Bucht beseitigt werden, die neue Uferlinie wurde demnach in gleichmäfsiger sanfter Krümmung vorgeschoben. Die zu durchbauenden Tiefen wurden bei dieser Verlegung noch gröfser und aufserdem traf die neue Wand auf die Senkstücke und die darüber liegenden Steine, woher von jedem Versuch, sie an sich zu dichten, abgesehn werden mufste. Der Bau wurde in vorstehender Weise ausgeführt, doch hielt der

Digitized by Google

leitende Baubeamte Anfangs das Verpacken der Faschinen ohne Verbindung für zu bedenklich, woher er Senkstücke wählte, die jedoch den nothwendigen dichten Schluſs unmöglich machten.

Gegenwärtig ist die Ufereinfassung beinahe beendigt, indem die Aufschüttung bis über das höchste Wasser erfolgt ist, und gegen diese vom Strom aus eine dreifüſsige überpflasterte Steinböschung ansteigt. Von den ursprünglich angebrachten hölzernen Ankern lösten sich groſsentheils die eisernen Bügel, die nicht hinreichend befestigt waren. Es sind dafür später eiserne Stabanker eingezogen. Hiervon abgesehn hat der ganze Bau keine Beschädigungen erlitten, noch auch irgend welche Gefahr drohenden Veränderungen gezeigt.

Bei mäſsigen Holzpreisen werden solche Häfen häufig mit Bohlwerken eingefaſst, und wenn dabei auch vielfache Reparaturen nothwendig sind, so läſst sich doch nicht verkennen, daſs bei sorgfältiger Ausführung das Ufer dadurch vollständig geschützt, auch die Schiffahrt in keiner Weise belästigt wird. Um die periodisch nothwendigen Reparaturen auf das geringste Maaſs zu beschränken, ist es jedoch dringend geboten, den wichtigsten Theil des Bohlwerks, nämlich den unter Wasser befindlichen, oder die Spundwand getrennt zu behandeln, so daſs diese bei der Erneuerung der obern Wand unberührt bleibt. Der Theil des Bohlwerks, der über dem gewöhnlichen Wasserstand liegt, also abwechselnd naſs und trocken wird, ist freilich nicht länger, als etwa 15 Jahre zu erhalten, alsdann muſs er erneut werden, und schon früher pflegen mehrfache Reparaturen nöthig zu werden, die indessen ebenso wie die Erneuerungen weder besonders kostbar noch schwierig sind.

Der groſse Vorzug der Bohlwerke vor den massiven Mauern besteht darin, daſs bei der Ausführung derselben weder die Erbauung von Fangedämmen, noch die Trockenlegung der Baugrube, noch auch kostbare Fundirungen nöthig sind, und der Bau an sich so wenig Gewicht hat, daſs er, abgesehn von der Hinterfüllungserde, von einem unhaltbaren Boden noch sicher getragen wird. Die Anbringung einer dichten Spundwand, oder bei geringeren Wassertiefen einer Stülpwand, ist indessen dringend nöthig, weil sonst die Hinterfüllungserde bei jeder auch nur mäſsigen Wellenbewegung ausgespült wird und nachstürzt. Es

Digitized by Google

giebt freilich in unsern Häfen noch hölzerne Ufereinfassungen, denen die Spundwand fehlt, dabei treten indessen sehr häufige Beschädigungen ein und nicht selten mufs man mehrmals in einem Jahre, wenn der Boden eingesunken ist, dieselbe Stelle aufgraben und durch vorgestofsene Bohlen und eingeworfene Faschinen zu dichten versuchen.

Ist die Wassertiefe vor einem solchen Bohlwerk sehr grofs, und erhebt sich dasselbe zugleich bis zu einer bedeutenden Höhe, wie dieses bei dem sogenannten hohen Bohlwerk in Pillau der Fall ist, so werden die Reparaturen dieser Art besonders schwierig, und ich fand es alsdann vortheilhaft, nach der Auspackung mit Faschinen unter Wasser auf die untern Anker einen dichten horizontalen Holzboden zu legen, der sich an die Bohlenwand gut anschlofs, und auf ihn die Hinterfüllungserde zu werfen. Um das Ausspülen und Nachstürzen der Erde zu verhindern, ist es üblich, unmittelbar hinter die Holzwand nicht den abgegrabenen Boden, sondern eine etwa 1 Fufs starke Lage von zähem Thon zu bringen, wodurch zugleich der Bildung von Schwamm vorgebeugt wird. In Pillau werden in neuerer Zeit, wie bereits § 21 erwähnt ist, statt des Thons zerschlagene Steine angewendet.

Endlich ist noch darauf aufmerksam zu machen, dafs in den Häfen die Schiffe vielfach nicht langsam an das Ufer gelegt werden, sondern oft in stärkerer Fahrt dagegen stofsen. Es geschieht alsdann nicht selten, dafs sie das Bohlwerk einige Zoll weit zurückdrängen, wodurch nicht nur die Hinterfüllungserde gelockert, sondern auch die Bohlenwand gelöst wird, und wohl gar die Holme zerbrechen. Es kommt sonach darauf an, das Bohlwerk nicht nur gegen den Erddruck von der innern Seite, sondern auch gegen die Stöfse von aufsen zu sichern, und dieses kann nur durch Verankerung in beiden Richtungen geschehn. Man stellt nämlich nicht nur zwei Ankerpfähle vor den Ankerriegel, sondern noch einen dritten Pfahl vor den Kopf des Ankerbalkens, und veranlafst durch scharf eingetriebene breite Keile von Eichenholz gleich beim Verlegen die nöthige Spannung, so dafs eine weitere Bewegung nicht erfolgen kann. Diese Anker müssen aber, wenn sie das Bohlwerk gegen äufsere Stöfse sichern sollen, ziemlich nahe, nämlich etwa in 6 Fufs Abstand von ein-

Digitized by Google

ander angebracht sein, auch dürfen sie keine grofse Länge haben, weil sie in diesem Fall durchbiegen würden.

Nachdem im II. Theil dieses Handbuchs § 6 die verschiedenen Constructionen der Bohlwerke ausführlich beschrieben sind, werden die vorstehenden allgemeinen Bemerkungen genügen.

Sehr vortheilhaft läfst sich in denjenigen Häfen, in welchen kein bedeutender Fluthwechsel stattfindet, *der Holzbau mit dem Massivbau verbinden*, ohne dafs man dabei eines Fangedamms bedarf, während dennoch die Construction sicher und zugleich dauerhaft ist, indem das Holz stets unter Wasser oder wenigstens stets nafs bleibt. Fig. 226 zeigt einen Bau dieser Art im Querschnitt. Demselben ist noch die *Ladebrücke* beigefügt, die vielfach fehlt, die man aber häufig zur Bequemlichkeit des Verkehrs damit verbindet. Sie ist jedoch grofsen Beschädigungen ausgesetzt, und mufs daher in kürzeren Zwischenzeiten reparirt und erneut werden.

Mit der Darstellung einer starken Spundwand wird der Bau begonnen. Dieselbe wird in gleicher Weise, wie bei Gelegenheit der Bohlwerke ausführlich beschrieben ist, horizontal abgeschnitten, und mit einem Fachbaum versehn, dessen obere Fläche im Niveau des mittleren Wasserstandes liegt. In Abständen von 8 bis 12 Fufs werden Pfähle davor schräge eingerammt und durch eiserne Bügel mit Erdankern in gewöhnlicher Art verbunden. Will man allein die Ufereinfassung darstellen, an welche nicht Schiffe, sondern vielleicht nur Böte oder Baggerprahme anlegen, so kann man diese Pfähle nahe über dem eisernen Bügel abschneiden, und sie sind alsdann gleichfalls gegen Fäulnifs und baldige Zerstörung geschützt.

Der Druck gegen die Spundwand wird wesentlich vermindert und zugleich bei nachgiebigem Untergrund der Bau gegen Versackung gesichert, wenn man statt einer steilen Mauer eine schräge Steinböschung ausführt. Dieselbe mufs neben der Spundwand bis unter Wasser herabreichen, damit, soweit der Wellenschlag ein Heben und Senken des Wasserspiegels im Innern veranlafst, keine Erdtheilchen ausgespült werden. Die Steinpackung wird schliefslich abgepflastert und das Pflaster lehnt sich gegen die Spundwand. Man kann auch, falls die Ladebrücke nicht angebracht

Digitized by Google

wird, in passenden Abständen Steinstufen statt der Pflastersteine verlegen und dadurch das Ufer leichter zugänglich machen.

Wenn dagegen Schiffe anlegen sollen, so müssen die Pfähle weiter hinaufreichen. Bei Ausführung des Baues kann man hierzu diejenigen Pfähle benutzen, welche zur Verankerung dienen. Wenn dieselben jedoch später in den obern Theilen schadhaft werden, so schneidet man sie soweit ab, dafs sie nur noch den letzten Zweck erfüllen, und um die Schiffe gegen das Aufsetzen auf ihre Köpfe zu sichern, werden andre Pfähle daneben eingerammt. In beiden Fällen ist es vortheilhaft, die Pfähle durch darüber gelegte Holme zu verbinden, um ihnen theils eine gröfsere Widerstandsfähigkeit zu geben, theils aber auch um zur Darstellung einer Verbindung zwischen dem Ufer und den davor liegenden Schiffen Gelegenheit zu bieten. Man darf nämlich alsdann nur eine leichte Laufbrücke auf das Ufer und den Holm legen, wodurch schon zum Laden und Löschen der meisten Güter Gelegenheit geboten wird. Eine Anlage dieser Art bestand vor längerer Zeit am Russischen Damm im Pillauer Hafen.

Der Verkehr wird indessen wesentlich erleichtert, wenn man die Ladebrücke in der ganzen Länge der Ufereinfassung in der Art ausführt, wie die Figur zeigt. Es werden alsdann in Entfernungen, welche dem Gewicht der zeitweisen Belastung der Brücke entsprechen, Querbalken aufgebracht, und darüber ein vollständiger Bohlenbelag ausgeführt. Die Anbringung eines Geländers würde nur die Kosten vermehren und zugleich für den Verkehr störend sein, in Seehäfen kommen solche auch niemals vor. Ein in geringer Höhe über den Bohlenbelag vortretender Rand vermindert aber nicht die Gefahr, dafs Personen hinüberstürzen, vielmehr vermehrt er dieselbe. Dagegen ist es nicht ungewöhnlich, die Ladebrücke nach dem Ufer hin etwas abfallen zu lassen, damit nicht etwa Fässer in den Hafen rollen. Sollte die Ladebrücke an einer Stelle liegen, wo zuweilen ein so starker Wellenschlag eintritt, dafs die Wellen aufwärts dagegen stofsen, so dürfen nur schmale Bohlen verwendet werden, und dazwischen müssen weite Fugen offen bleiben, um diesen Stofs zu mäfsigen. Bei besonders ungünstiger Lage ist man sogar gezwungen, aus demselben Grund statt der Bohlen, starke Latten anzuwenden,

Digitized by Google

die an ihrer untern Seite zugeschärft sind, um keine breiten Flächen dem Stofs der Wellen entgegenzusetzen.

Vor Rotterdam, wie in andern Niederländischen Häfen, sieht man häufig die Ufer einfüfsig abgeböscht und mit gebrannten Steinen übermauert. Dieses ist aber keineswegs nur eine Verkleidung, vielmehr sind es vollständige und meist recht starke Mauern, die in der Höhe des Niedrigwassers sich gegen Spundwände lehnen, die aber zur Mäfsigung des Drucks in den vordern Flächen stark geneigt sind. Sie werden in horizontalen Schichten ausgeführt, damit aber ihre äufsern Flächen durch Steine gebildet werden, die nicht verhauen sind, vielmehr die festere Brandkruste behalten haben, so werden jene ersten Schichten schon im Innern abgebrochen und bilden hier Abtreppungen, die mit schräge gestellten Steinen verkleidet werden. Dabei ist das Verhauen freilich nicht zu vermeiden, doch trifft dieses nur die nach innen gekehrten Seiten der Steine, während die äufsern Flächen derselben, die der Einwirkung des Wassers und des Frostes ausgesetzt sind, unversehrt bleiben. Diese Mauern werden in vollen Fugen mit Cementmörtel ausgeführt, so dafs kein Wasser hineindringen kann. Mit festen Ladebrücken sind sie nicht versehn, doch werden zuweilen zur Vermittelung des Verkehrs Bohlen und leichte Brücken nach den Schiffen gelegt.

Von den massiven Ufereinfassungen, die entweder lothrecht oder nur wenig rückwärts geneigt den Hafen umgeben, ist gleichfalls bereits im II. Theil dieses Handbuchs (§ 2 bis 4) eingehend die Rede gewesen, doch mufs darauf aufmerksam gemacht werden, dafs sie als Hafenmauern manchen Gefahren ausgesetzt sind, die in andern Verhältnissen nicht vorkommen. Hierzu gehört zunächst, dafs sie zuweilen beim Anlegen grofser Schiffe heftig erschüttert werden, was sich nicht immer vermeiden läfst. Demnächst leiden sie auch vom wechselnden Wasserstand, namentlich wo ein starker Fluthwechsel stattfindet. Bei solchem dringt das Wasser, wo sich eine Fuge findet, durch die Mauer oder unter derselben nach der Hinterfüllung und zur Zeit der Ebbe fliefst es wieder zurück und veranlafst dadurch Ausspülungen. Man giebt daher diesen Mauern ganz allgemein eine gröfsere Stärke, als sonst üblich ist, nämlich von vier Zehntel bis zur Hälfte ihrer Höhe und oft noch mehr. Auch Verankerungen

Digitized by Google

sind nicht ungewöhnlich. Besondere Vorsicht erfordert aber jederzeit ihre sichere Fundirung.

Dabei kommen auch einige andre Umstände in Betracht, welche zuweilen den Einsturz, noch häufiger aber das Ueberneigen der Hafenmauern veranlassen, so dafs entweder der schleunige Abbruch oder wenigstens eine solide Verankerung nothwendig wird. In neuerer Zeit haben die Schiffe bedeutend gröfsere Dimensionen angenommen, als sie früher hatten. Die beim Bau der Kaimauern vorhandene Tiefe des Hafens, nach der die Fundirung bemessen war, genügt also gegenwärtig nicht mehr. Wenn man diese aber durch Baggern bis nahe an das Ufer vergröfsert, so kommen die Mauern in Gefahr. Dieser Fall ist in unsern Häfen wiederholentlich vorgekommen, und keineswegs bleibt die Möglichkeit ausgeschlossen, dafs vielleicht später Schiffe einkommen, die noch tiefer gehn, da man überall bemüht ist, durch Baggern oder in andrer Weise die Hafenmündungen zu verbessern. Eine andre Gefahr veranlassen die Schraubendampfer, bei denen oft, wenn sie noch neben dem Kai liegen, die Schraube in Gang gesetzt wird, wodurch das Wasser nahe über dem Grund in starke Bewegung kommt und tiefe Löcher ausspült. Dieses ist mehrfach und namentlich, wo ein lebhafter Handelsverkehr stattfindet, durch die Hafenordnung verboten. Dieselbe gestattet meist nur den Personenböten, die an besonders gesicherte Stellen anlegen, unter Dampf abzufahren, wogegen Frachtschiffe, die bald hier, bald dort und zwar neben und zwischen andern Fahrzeugen liegen, bis zum freien Wasser verholt werden müssen. Wenn sie aber irgend wo noch dicht am Ufer vorübergehn, dürfen sie nur mit halber Kraft fahren. Endlich geschieht es auch oft, dafs bei ungenügender Aufsicht schwere Güter, wie Eisenbahnschienen, Hausteine, Kohlen und dergleichen in grofser Masse dicht hinter den Kaimauern abgelagert werden, die alsdann den Seitendruck übermäfsig verstärken.

In dieser Weise geschah es, dafs mehrere Hafenmauern in Neufahrwasser in neuster Zeit überwichen, die zum Theil ganz abgebrochen und vollständig umgebaut, theils aber verankert werden mufsten. Im letzten Fall hat man daselbst die Anker eingezogen ohne durch Aufgraben der Strafse in ihrer ganzen Breite bis zu den Ankerpfählen den Verkehr vollständig zu unterbrechen.

Digitized by Google

Mit einem gewöhnlichen Steinbohrer (Kreuzbohrer, vergl. Theil I § 10) wird vom Hafen aus nahe über dem Wasserspiegel für den 2 bis $2^1/_2$ Zoll starken cylindrischen eisernen Anker ein passendes Bohrloch durch die Mauer getrieben. Sobald dieses geschehn ist, gräbt man die Erde unmittelbar dahinter auf, und indem nunmehr der Anker durch die Mauer geschoben wird, schraubt man auf sein mit einem Gewinde versehenes Ende eine kleine Mitchellsche Grundschraube aus Gufseisen, deren Gewinde nur 4 Zoll im Durchmesser hält (die Beschreibung dieser Grundschraube wird im folgenden Paragraph gegeben werden). Dreht man alsdann mittelst einer Haspel aufserhalb der Mauer den Anker, so dringt er in seiner Längenrichtung weiter in die Erde ein, ohne dafs die darüber befindliche Schüttung aufgelockert wird oder einstürzt. Sobald er aber in seiner ganzen Länge eingedrungen ist, tritt er in eine zweite hier eröffnete schmale Grube, woselbst man die Grundschraube beseitigen und neben ihm beide Ankerpfähle einstellen und einrammen kann. Das Anbringen der Ankerplatte auf der Hafenseite, wie die Befestigung des Ankerriegels mittelst Unterlagsplatte und Schraubenmutter bedarf keiner Erklärung. Zu erwähnen bleibt nur, dafs in reinem Boden das Einbringen der Anker in dieser Weise keine Schwierigkeit bietet.

Sehr wichtig ist immer die Frage, wie tief man die Mauern herabführen soll. Auf Pfahlroste werden sie in neuerer Zeit selten gestellt, weil alsdann bei der gewöhnlichen Constructionsart Fangedämme und zwar in sehr tiefem Wasser unvermeidlich sind. Wenn dieses aber geschieht, so fragt sich wieder, in welche Tiefe man den Rost legen soll. Unter andern Verhältnissen würde man die Mauer nur bis unter den niedrigsten davor zu erwartenden Wasserstand herabführen, was bei Umschliefsung eines Docks oder Flotthafens in sofern sehr bequem wäre, als man dazu keines Fangedamms bedürfte. Es fehlt auch nicht an Beispielen, dafs man selbst in offenen Häfen die Roste in diese Höhe verlegt hat, indem Spundwände davor eingerammt wurden. Nichts desto weniger bleibt wegen der Nähe der grofsen Wassertiefe immer die Gefahr, dafs Unterspülungen und Hinterspülung eintreten. In England wird auch nicht leicht von der Regel abgewichen, dafs die Mauer bis zur Sohle des Hafens herabreichen, und dafs der Rost nebst Spundwand, wenn solche vorkommt, vollständig

Digitized by Google

mit Erde überdeckt sein mufs, so dafs das Holz niemals unmittelbar mit dem Wasser in Berührung kommt.

Das Gewicht dieser Mauern und sonach der Druck, den sie namentlich bei niedrigem Wasser auf den Untergrund ausüben, ist sehr bedeutend. Um diesen möglichst zu vermindern, und um zugleich an Material zu sparen, hat man vielfach die Mauern aus einzelnen durch Bogen verbundenen Pfeilern zusammengesetzt, und die Oeffnungen nur auf der äufsern Seite geschlossen. Hiervon ist gleichfalls bereits am angeführten Orte die Rede gewesen. Dem verticalen Druck der Hafenmauern kann man indessen immer leichter begegnen, als dem horizontalen, den sie von der Hinterfüllungserde erleiden. Aus der bereits erwähnten starken Benetzung der letztern, und dem in kurzer Zeit erfolgenden Fallen des äufsern Wassers erklärt sich der starke Seitendruck dieser Erde. Nicht selten ist durch denselben die ganze Mauer fortgeschoben, namentlich wenn diese auf einem gewöhnlichen Pfahlrost stand, dessen Pfähle senkrecht eingerammt und auf eine bedeutende Höhe nur von lockerm Boden umgeben waren. Die Pfähle wurden alsdann entweder gebogen oder auch wohl in ihrer ganzen Länge übergeneigt. In manchen Fällen dieser Art hat man in Französischen Häfen die Mauern nachträglich in gleicher Weise zu verankern versucht, wie dieses bei Bohlwerken geschieht, und dabei theils hölzerne, theils auch eiserne Anker angewendet. In Rouen und im Briel sah ich hölzerne Erdanker, welche die überweichenden Mauern sichern sollten, doch kann man bei der grofsen Masse, die darauf wirkt, keinen bedeutenden Erfolg davon erwarten, auch Minard sagt, dafs hölzerne Anker oft zerreifsen. Eiserne Anker sind in England nicht ungewöhnlich, die wie die hölzernen mit dahinter stehenden Pfählen verbunden sind, doch haben sie meist nicht den Zweck, die Mauer selbst zu stützen, sondern vielmehr die Schiffsringe zu halten und den Druck, welchen die Schiffe auf diese ausüben, nicht auf die Mauer, sondern auf den dahinter stehenden Pfahl zu übertragen. Fig. 227 zeigt die Befestigung eines solchen Ringes.

Minard theilt mit, dafs in Rochefort eine Hafenmauer auf einem weichen schlammigen Boden erbaut sei, unter welchem in der Tiefe von etwa 30 Fufs fester Felsen lag. Bis auf diesen seien Pfähle eingerammt und durch einen Rost verbunden, worauf

Digitized by Google

man die Mauer gestellt habe. Zwei Jahre hindurch habe letztere unverändert ihren Stand behalten, worauf sich in der Entfernung von 30 bis 40 Fufs die Hinterfüllungserde spaltete, und die Mauer, ohne ihre lothrechte Stellung zu verlieren, sich gegen den Hafen bewegte. Indem kein Zweifel gewesen, dafs der starke Erddruck sie verdrängt und die Pfähle übergeneigt habe, so sei der Versuch gemacht worden, diesen Druck zu beseitigen. Man habe zu diesem Zweck die Erde bis zu dem Riss auf 9 Fufs Tiefe ausgehoben, in Abständen von 10 Fufs in beiden Richtungen Pfähle eingerammt, diese mit Lang- und Querschwellen unter einander verbunden, auch einen Bohlenbelag darüber gelegt, und diesen zunächst mit Faschinen, weiter aufwärts aber mit Erde überfüllt. Seitdem habe die Mauer keine weitere Bewegung gezeigt, weil der Seitendruck wesentlich vermindert sei.

In England, wo man den Hafenmauern häufig eine concave Aufsenfläche giebt, so dafs sie oben nahe vertical, in der Tiefe dagegen stark geneigt sind, wird dem Erddruck dadurch begegnet, dafs die Rostpfähle nicht lothrecht, sondern schräge und zwar in der Richtung der äufsern Mauerfläche eingerammt werden. Diese Anordnung ist gewifs sehr empfehlenswerth, da der Pfahl nur in seiner Längenrichtung den nöthigen Widerstand leisten kann, und wenn diese Richtung mit der der Componente aus dem verticalen und horizontalen Druck übereinstimmt, so ist das Ueberweichen des Pfahls nach der einen und der andern Seite verhindert.

In Betreff der schrägen Mauern wäre noch zu erwähnen, dafs die Lagerfugen normal gegen die äufsere Fläche, also gleichfalls schräge, und nicht horizontal gerichtet sein müssen. Wenn dieses wegen des leichteren Eindringens des Wassers in die abwärts gerichteten Fugen im Allgemeinen auch bedenklich erscheint, so ist es doch gewifs bei dem unter Wasser befindlichen Theil der Mauer, in welchem die Fugen die stärkste Neigung erhalten, ganz gleichgültig. Die bei solchen Mauern in geringen Abständen angebrachten Strebepfeiler werden dagegen in horizontalen Schichten aufgeführt, und ruhn gewöhnlich auf lothrecht eingerammten Rostpfählen.

Bei uns nimmt man oft Anstand, dem Rost einige Neigung zu geben, weil man besorgt, dafs die Mauer alsdann auf dem-

Digitized by Google

selben herabgleiten möchte, und dafs sie namentlich in der ersten Zeit, wo sie dem Erddruck noch nicht ausgesetzt ist, solche Bewegung annehmen könnte. Gewifs kommt es auf die Neigung des Rostes weniger an, als auf die der Pfähle, und wenn man die letzteren auch nicht sämmtlich schräge einrammt, so empfiehlt es sich doch unbedingt, wenigstens einigen derselben eine starke Neigung zu geben, und diese sicher mit dem Rost zu verbinden. Das Bedenken, das man früher gegen das Einrammen der Pfähle in schräger Richtung hegte, weil man meinte, dafs die Arbeit dadurch sehr erschwert würde, ist nunmehr durch die Erfahrung vollständig widerlegt. Man hat sogar in neuster Zeit sowohl in Pillau, wie in Neufahrwasser starke Spundwände unter der Neigung 1 : 4 ausgeführt.

Dabei mufs erwähnt werden, dafs man allerdings bemerkte, wie diese Spundpfähle beim Beginn des Einrammens einige Tendenz zeigten, eine noch flachere Stellung anzunehmen, da der Widerstand des Erdbodens nicht auf beiden Seiten gleich war. Derselbe Uebelstand tritt indessen schon bei senkrechten Wänden ein, wenn der Untergrund merklich geneigt ist. Die Erfahrung hat auch ergeben, dafs in geraden oder sehr wenig gekrümmten Uferstrecken die Darstellung geneigter Spundwände keine irgend erhebliche Schwierigkeiten veranlafst. Anders verhält es sich indessen bei einem scharf gekrümmten Ufer und namentlich, wenn dasselbe, wie oft geschieht, unter einem Quadranten von sehr kleinem Radius sich rechtwinklig von seiner früheren Richtung abwendet. In solchem Fall ist augenscheinlich die Länge des betreffenden Theils der Spundwand im Niveau des Wasserspiegels gröfser oder kleiner, als unmittelbar über dem Grund, und wenn die Nuthen noch durch die Federn vollständig gefüllt sein sollen, so bleibt nur übrig, den Spundpfählen im untern Ende eine geringere oder gröfsere Breite als oben zu geben. Bei sorgfältiger Leitung der Arbeiten ist dieses Verfahren in Neufahrwasser vollständig gelungen. Wenn dagegen die schräge Spundwand an die senkrechte vor der Stirn eines Damms angeschlossen werden sollte, löste man anderweitig die Aufgabe dadurch, dafs die Nuthen wie auch die Federn jedes Pfahls nicht parallel zu den äufsern Flächen desselben, sondern schräge eingeschnitten wurden. Man begnügte sich also damit, die Federn im untern Theil nur eben in die

Digitized by Google

Nuthen eingreifen zu lassen, ohne dafs die letzten vollständig gefüllt wurden. Dabei sollen jedoch mehrfache Brüche der Federn oder der Backen zur Seite der Nuthen vorgekommen sein.

Ueber die Fundirung der Mauern wäre nichts hinzuzufügen, und es dürfte nur eine Methode zu erwähnen sein, die ich in dem Hafen von Cette in sehr tiefem Wasser anwenden sah. Das sogenannte Nouveau Bassin, welches den Eingang in den Canal bildet, sollte auf der südöstlichen Seite mit einem Flügel umschlossen werden, der zugleich ein breites Kai darstellt. Letzteres war bereits angeschüttet, oder vielleicht hatte sich hier von selbst schon eine Ablagerung gebildet; die Stelle, auf der die Hafenmauer erbaut werden sollte, war aber durchschnittlich $17\frac{1}{2}$ Fufs tief. Der Untergrund bestand aus Sand, obwohl man hin und wieder auch auf gewachsenen mürben Kalkfelsen traf.

Man hatte versucht, zwischen Spundwänden eine Bétonschüttung bis nahe an den Wasserspiegel auszuführen. Dieses war indessen nicht geglückt, indem sich eine Fuge in der Mittellinie des Bétondamms bildete, die in schräger Richtung durch seine ganze Höhe sich fortsetzte. Dieselbe Erscheinung soll nicht ungewöhnlich sein, wenn man Bétondämme in grofser Höhe schüttet, und man erklärt dieses daher, dafs der Untergrund und die Seitenwände etwas nachgeben, und zwar bei zunehmender Höhe immer stärker, so dafs der einmal entstandene Bruch sich in jeder nächsten Schicht aufs Neue fortsetzt. Dabei hatten die Spundwände anscheinend sich ganz unversehrt erhalten, man besorgte aber, dafs die beiden getrennten Bétonprismen das Gewicht der darüber auszuführenden Mauer nicht sicher tragen und unter der Last derselben zerbrechen würden.

Die Anwendung des Bétons zur Fundirung war geboten, weil brauchbare natürliche Bausteine nicht leicht, und in den beabsichtigten grofsen Dimensionen überhaupt gar nicht zu beschaffen waren. Man formte demnach Bétonblöcke von $9\frac{1}{2}$ Fufs Länge und $6\frac{1}{3}$ Fufs Höhe und Breite, und indem diese nach der gehörigen Erhärtung im Verband versenkt wurden, so bildete man einen flexibeln Unterbau, der auf dem etwas nachgiebigen Boden, ohne in seinen Theilen zu brechen, die Form verändern und sich dem Grunde anschliefsen konnte. Das dabei angewendete Verfahren war folgendes.

Digitized by Google

Zunächst wurde die Baustelle mittelst eines Baggers bis auf 19 Fufs vertieft und möglichst geebnet. Alsdann rammte man landseitig hinter der Uferlinie eine Reihe von Pfählen ein, die unter sich verbunden und an welche Bohlen in der Art horizontal befestigt und nach der Schnur abgeschnitten wurden, dafs sie gleichsam ein langes und festes Lineal bildeten, an welches die Flöfse beim Versenken der daran hängenden Bétonblöcke angelegt und jedesmal in der Art gestellt werden konnten, dafs die nach und nach herabgelassenen Blöcke eine regelmäfsige Reihe bildeten und sich nahe berührten. Aus der Beschreibung dieser Flöfse (§ 68) ergiebt sich schon, dafs die Blöcke an einer bestimmten Stelle unter denselben hingen, und dafs bei gleichmäfsigem Umdrehn der vier Winden die Blöcke auch in lothrechter Richtung herabgelassen wurden. Sobald man also das Flofs an solchem Lineal jedesmal auf den passenden Abstand von seiner frühern Stellung weiter vorschob, so sanken auch die Blöcke regelmäfsig nieder.

Die unterste Schicht wurde so versenkt, dafs die Blöcke mit ihren langen Seiten an einander lagen. Zwischen je zweien blieb eine Fuge von $7\frac{1}{2}$ Zoll Breite frei. Nachdem die Blöcke einige Zeit gelegen hatten, mafs man bei ruhiger Witterung die Tiefe, in welcher die Oberfläche jedes Blocks und zwar an jeder Seite unter Wasser sich befand. Diese Untersuchung wurde durch die grofse Klarheit des Wassers wesentlich erleichtert. Man suchte alsdann Steinplatten von angemessener Stärke aus, die ein Taucher verlegte, wodurch man an allen Stellen diejenige horizontale Ebene darstellte, welche nunmehr die Basis der folgenden Schicht wurde. Die Blöcke dieser zweiten Schicht sind, wie Fig. 228 zeigt, in gleicher Richtung, jedoch etwas zurückgezogen und so versetzt, dafs sie die untern Fugen überdecken. Durch Taucher in Scaphandern wurden die sämmtlichen Stofs- und Lagerfugen mit Béton gefüllt und wieder neue Steinplatten aufgelegt, um der dritten Schicht ein horizontales Lager zu bereiten.

Die obern Blöcke sind nach der Länge versetzt, und in der Oberfläche, wie die Figur zeigt, mit Rinnen von $2\frac{1}{2}$ Fufs Breite und 2 Fufs Tiefe versehn, in welche der Fufs der Mauer eingreift, um bis unter Wasser herabzureichen. Der etwa 1 Fufs breite, vor diese Rinne vortretende Rand war indessen vielfach

Digitized by Google

abgebrochen, und dieses soll durch Gegenstofsen von Schiffen geschehn sein. Beim Heben der Blöcke wurde durch zwischengelegte Holzstücke die unmittelbare Berührung der Kette mit diesen Rändern vermieden.

Die ganze Arbeit war mit auffallender Regelmäfsigkeit ausgeführt. Das klare Wasser liefs erkennen, dafs selbst in der untern Schicht die Blöcke sehr genau in einer geraden Linie und in gleichen Abständen lagen. Nichts desto weniger traten gewisse Sackungen ein, dabei zerbrachen jedoch nicht die Blöcke, sondern die Fugen öffneten sich etwas, was ohne Nachtheil ist. Die Hinterfüllung erfolgte, sobald die Fugen gefüllt waren, und man liefs, nachdem dieses geschehn, den Bau längere Zeit ruhn, bevor man die Mauer ausführte. Schliefslich wurde der obere Rand der Steine vor der erwähnten Rinne abgestofsen, und sonach reicht die Mauer bis unter das Wasser hinab. Die Rinne hatte keinen andern Zweck, als dafs in ihr, also im Trocknen, der Fufs der Mauer dargestellt werden konnte.

Wenn man die Schiffe unmittelbar an eine Kaimauer legen wollte, so würde bei der häufig eintretenden Bewegung durch Wind und Wellen, oder auch durch den wechselnden Wasserstand eine starke Reibung zwischen beiden stattfinden, wodurch beide leiden. Um dieses zu vermeiden, werden die Mauern mit sogenannten Reibehölzern versehn. Dieselben bestehn in verticalen Pfosten, welche von der Deckplatte der Mauer soweit herabreichen, als die Berührung mit den Schiffen noch stattfinden kann. Sie treten 8 bis 10 Zoll vor die äufsere Fläche der Mauer vor, und sind 8 bis 15 Fufs von einander entfernt. Sie erfahren von den davorliegenden Schiffen häufig einen starken Druck, und nicht selten ist dieser dem Ufer parallel gerichtet, woher sie sich nicht nur sicher gegen die Mauer lehnen, sondern auch so befestigt sein müssen, dafs sie keine Seitenbewegung machen können. Aufserdem sind sie auch starken Beschädigungen ausgesetzt, woher man sie in solcher Weise anbringen mufs, dafs sie leicht ausgenommen und durch neue ersetzt werden können.

In Vorhäfen, woselbst ein starker Fluthwechsel eintritt, und worin nur zur Zeit des Hochwassers Schiffe sich befinden, bietet ihre Befestigung keine Schwierigkeit. Eiserne Bolzen, am äufsern Ende mit Schraubengewinden versehn, werden in die Quadern

Digitized by Google

eingelassen, und die vortretenden Schrauben greifen durch die Reibehölzer und letztere werden durch die aufgeschrobenen Muttern gehalten. Die Muttern wie die Bolzen dürfen aber nicht über die äufsern Flächen der Hölzer hinausreichen. Zur Zeit des niedrigen Wassers stehn die Reibhölzer in ihrer ganzen Höhe über Wasser, man kann sie daher, sobald sie schadhaft sind, leicht lösen und dafür neue anbringen.

In den Flotthäfen, oder wo sonst der Wasserstand sich wenig ändert, kann man diese Befestigungsart nur im obern Theil eines Reibholzes anwenden, der Fufs desselben mufs in andrer Weise gesichert werden, und zwar am vortheilhaftesten geschieht dieses, wenn man ihn in eine passende Oeffnung einstellt, die in einem aus der Mauer vortretenden Quader angebracht ist. Letzterer mufs sich so tief unter dem niedrigsten im Dock zu haltenden Wasserstand befinden, dafs er von den Schiffen nie berührt wird. Man ist also gezwungen, in diesem Falle den Reibhölzern eine gröfsere Länge zu geben, als es mit Rücksicht auf ihren eigentlichen Zweck nöthig wäre. Oft wird auch in der Mauerfläche eine flache Rinne eingeschnitten, in welche man das Reibholz stellt, die sich aber weiter abwärts so vertieft, dafs hier das Zapfenloch ausgeschnitten werden kann. Bei Benutzung passend gekrümmter Hölzer vereinfacht sich diese Anordnung in der Art, dafs die grofsen Längen entbehrlich werden. Fig. 229 zeigt die Befestigung eines Reibholzes vor einer concav geböschten Mauer. Dasselbe steht mit dem am Fufse angeschnittenen starken Zapfen in dem entsprechenden Zapfenloch eines Werkstücks. Der untere Theil liegt in einer Rinne, während der obere vor die Mauer vortritt und mittelst einer Schraubenmutter gehalten wird.

In dem Junctions-Dock in Hull hat man die Reibehölzer durch gewalzte Eisenplatten ersetzt, die flach convex gekrümmt vor die Mauer vortreten und theils in drei Lappen an den Seiten und am untern Ende, theils aber oben durch die starke Ankerstange gehalten werden, woran der Schiffsring befestigt ist. Fig. 227 zeigt diese Platte und die Art ihrer Befestigung.

Wenn auch die Reibehölzer das Aufstofsen der vor der Kaimauer liegenden Schiffe gegen einzelne Steine verhindern, so läfst sich dieses beim Verholen der Schiffe doch zuweilen nicht ver-

Digitized by Google

meiden, und namentlich pflegen davon die Deckplatten der Mauer getroffen zu werden, welche überdiefs am wenigsten gesichert sind, insofern ihnen jede Belastung fehlt. Dazu kommt noch, dafs häufig auch beim Löschen schwere Kollis darauf fallen, wodurch sie gleichfalls leicht gelöst werden. Sobald aber die Fugen sich auch nur wenig öffnen, so dringt das Wasser hinein, und beim Gefrieren desselben werden sie in gleicher Weise, wie durch den Stofs, von einander getrennt oder verschoben. Indem Bewegungen dieser Art häufig eintreten, so rechtfertigt es sich, noch gewisse anderweite Verbindungen darzustellen.

Besonders empfehlenswerth ist es, diesen Deckplatten grofse Dimensionen zu geben, so dafs sie durch ihr eignes Gewicht schon die Wirkung des Stofses möglichst vermindern. Namentlich dürfen sie nicht zu schwach sein, da in diesem Fall noch die Gefahr hinzukäme, dafs sie zerbrechen könnten. Weniger als 1 Fufs Höhe darf man ihnen in Kaimauern wohl niemals geben, während ihre Breite etwa 3 Fufs mifst und die Länge noch bedeutender ist. Demnächst führt man nicht selten noch Verdübelungen oder andre Verbindungen ein. Die Erfolge derselben sind indessen zweifelhaft. Die eisernen Klammern geben leicht selbst Veranlassung zum Brechen der Steine, und wenn man eine Platte mit einem Zahn oder einem Schwalbenschwanz in die daneben liegende eingreifen läfst, so bricht der vortretende Theil leicht aus. Binder, die mit ihren nach aufsen divergirenden Seitenflächen die zwischenliegenden Läufer umfassen, kann man nur anbringen, wenn die Binder hinter den Läufern noch sicher aufliegen, also die letztern nicht die ganze Mauer bedecken. Dieselbe Haltung, welche in diesem Fall die Binder haben, würde man jeder einzelnen Deckplatte geben, wenn diese eben so weit, wie jene übergreift.

Unter diesen Umständen und um die Bearbeitung der Platten nicht durch künstliche Fugenschnitte zu erschweren, wobei gemeinhin auch ein bedeutender Materialverlust eintritt, empfiehlt es sich, die Verbindung auf das Einsetzen einzelner Steindübel zu beschränken, wie dieses in England allgemein üblich ist. In beide Deckplatten werden neben der Fuge dreiseitige prismatische Oeffnungen eingeschnitten, in welche man, wie Fig. 230 zeigt, prismatische Steindübel von quadratischem Querschnitt stellt. Man

Digitized by Google

wählt zu diesen Dübeln eine besonders feste Steinart, und nicht selten bemüht man sich auch, die Steine so auszusuchen, dafs die Farbe der Deckplatten von derjenigen der Dübel recht verschieden ist. Eine solche Verbindung nennt man in England Diamant-Dübel (diamont joggles), indem man sie mit eingesetzten Edelsteinen vergleicht. Es darf kaum erwähnt werden, dafs sowohl die Platten wie auch die Dübel in gut bindendem hydraulischen Mörtel versetzt werden. Beim Versetzen der Platten bietet sich aber bei dieser Construction noch der Vortheil dar, dafs wenn in die einspringenden Ecken jener dreiseitigen Oeffnungen horizontale Löcher gebohrt und in diese Bolzen eingeschoben werden, man an letztere das Scheerzeug zum Heben der Deckplatte befestigen und daran diese auf ihr bestimmtes Lager bringen kann, ohne sie später verschieben zu dürfen. Die prismatischen Oeffnungen sind nämlich so weit, dafs man nach dem Versetzen noch die Kettenringe wie die Bolzen ausziehn kann.

§ 86.

Befestigung der Schiffe.

Wenn das Schiff in voller Fahrt den Hafen einsegelt, so wird es durch ausgebrachte Taue, welche man um Pfähle am Ufer schlingt, und unter starker Reibung auslaufen läfst, zum Stehn gebracht. Diese Pfähle nennt man Stopp-Pfähle, und indem sie einem starken Zuge ausgesetzt sind, so müssen sie auch mit besonderer Vorsicht befestigt sein. In geringerem Grade werden die sogenannten Schiffshalter, oder die Pfähle auf den Kais des Binnenhafens in Anspruch genommen, weil die Schiffe hier nur mit mäfsiger Geschwindigkeit bewegt werden. Nichts desto weniger sind auch sie nicht selten einem starken Druck und selbst heftigen Stöfsen ausgesetzt. Die grofsen im Hafen liegenden Schiffe bieten nämlich in den Masten und dem Tauwerk dem Sturm sehr ausgedehnte Angriffsflächen, und indem der Wind niemals ganz gleichmäfsig ist, sondern in sehr kurzen Zwischenzeiten sich verstärkt und wieder schwächt, so bewegen sich die Schiffe, so weit die Taue oder Ketten es gestatten, hin und her, und legen sich auch bald mehr bald weniger auf die

Digitized by Google

Seite. Sie nehmen also periodisch gewisse Bewegungen an, die beim Steifwerden der Ketten plötzlich unterbrochen werden. Diesem Stofs, der bei der Masse eines grofsen Schiffs sehr bedeutend ist, müssen die Schiffspfähle oder die Schiffsringe ohne nachzugeben widerstehn. Ihre Sicherung ist daher dringend geboten. Sollten sie aber weichen oder auch nur etwas aus ihrer Lage gebracht werden, so pflegen sie noch weniger Widerstand zu leisten, als früher, und man mufs besorgen, dafs sie bald ganz ausgerissen werden, und das frei gewordene Schiff nunmehr auf andre Schiffe oder auf das Kai treibt, wobei Beschädigungen unvermeidlich sind.

Demnächst müssen die Anstalten zum Befestigen der Schiffe auch in angemessenen Abständen angebracht sein, und zwar mit Rücksicht auf die Lage, welche die Schiffe einnehmen sollen. Gemeinhin werden diese mit ihren breiten Seiten an die Kais gelegt. Sie müssen daher mit ihren vordern und hintern Enden auf Schiffshalter oder Schiffsringe treffen. Auch die Stellung der Duc d'Alben oder der Buoyen mufs man hiernach passend wählen, und dabei zugleich das Vortreten der Klüverbäume berücksichtigen. Wenn aber die Schiffe Winterlager halten, so liegen an jeder Stelle mehrere hinter einander, die an dieselben Schiffshalter befestigt werden.

Sind die Kais mit hölzernen Bohlwerken eingefafst, so pflegt man an diese keine Schiffsringe zu befestigen, weil sie selbst nicht die erforderliche Widerstandsfähigkeit besitzen, wohl aber sieht man zuweilen, wie etwa in Swinemünde, hinter den Bohlwerken besonders grofse Granitblöcke von 20 bis 30 Cubikfufs, die in den Boden soweit versenkt sind, dafs ihre obere Fläche sich an das Pflaster anschliefst. In diese sind schwere Ringe vergossen, an welche die Schiffe befestigt werden. So hat man auch in dem neu angeschütteten Damm des Pillauer Hafens besondere Pyramiden aufgemauert, worin die Zugstangen der Schiffsringe eingelassen sind (§ 21. Fig. 105 *b*).

Der gewöhnliche Schiffshalter, der sich hinter Bohlwerken, jedoch nur in einiger Entfernung von denselben aufstellen läfst, besteht in einem starken eichenen oder kiefernen Pfahl, der 3 bis 5 Fufs über das Pflaster vorragt. Vortheilhaft ist es, ihn tief in den Boden eingreifen zu lassen, und ihn deshalb ein-

Digitized by Google

zurammen, doch verbietet sich dieses oft durch die Nähe der Gebäude, die dabei leiden würden, auch mufs man dieses zuweilen unterlassen, weil es zu kostbar sein würde, Stämme von der erforderlichen Stärke in grofser Länge zu beschaffen. Die feste Stellung kann man dem Schiffshalter meist nur dadurch geben, dafs man ihn gegen Balkenstücke lehnt, die gegen das Ausweichen möglichst gesichert sind, und zwar mufs diese Unterstützung den Pfahl in grofser Höhe, also nahe seinem frei stehenden Theil treffen. Dieses geschieht, wie Fig. 231 zeigt, indem man zwei Hölzer, die nur wenig eingeschnitten sind, daneben legt, und diese durch davor eingestofsne Bohlen, oder auch durch kleine Pfähle befestigt. Der Pfahl ist mit einer Spitze versehn, und nachdem der Boden bis zum Grundwasser aufgegraben ist, stellt man ihn hinein, und treibt ihn noch einige Fufs tiefer herab, indem man ihn abwechselnd nach der einen und der andern Seite überneigt. Ist er in dieser Weise tief genug eingedrungen, was in sandigem Boden bald geschieht, so füllt man das Loch schichtweise an und stampft die Erde jedesmal fest, bis die Verfüllung so weit erfolgt ist, dafs das erwähnte Kreuz noch so eben von dem Pflaster überdeckt wird. Sobald das Kreuz dicht schliefsend an den Pfahl verlegt ist, werden die Bohlen oder kleinen Pfähle davor eingestofsen. Links von *A* (Fig. 231 *b*) befindet sich das Bohlwerk, und in dieser Richtung mufs der Pfahl den gröfsten Widerstand leisten, er bietet aber auch den in schräger Richtung daran befestigten Schiffen den nöthigen Halt.

Damit die davor liegende Erde den Pfahl sicher stützt, ohne den Druck auf das Bohlwerk zu übertragen, wodurch dieses herausgedrängt werden würde, mufs der Schiffshalter 18 oder wenigstens 12 Fufs gegen dasselbe zurückstehn.

Was den über das Pflaster vortretenden Theil des Schiffshalters betrifft, der das Stammende des Baums zu sein pflegt, so mufs derselbe ziemlich glatt und von scharf vortretenden Kanten frei sein, wenn auch die genaue Darstellung der cylindrischen Form entbehrlich ist. Es kommt darauf an, dafs die umgeschlungenen Taue keine zu scharfe Biegung machen, wodurch sie leiden würden. Es ist daher nöthig, ihm den Durchmesser von 2 Fufs oder wenigstens von 18 Zoll zu geben. Wenn er als Stopp-

Digitized by Google

Pfahl dient und das darum geschlungene Ende des Taues gefeiert wird, so bieten freilich vortretende Kanten mehr Haltung und befördern in hohem Grad die Reibung. Aus diesem Grund werden solche Pfähle zuweilen auch achteckig bearbeitet. Dieses kann jedoch nicht als passend angesehn werden, weil die Taue dabei zu sehr leiden, auch die Kanten in kurzer Zeit abgeschliffen werden, so dafs die Taue bald in kreisförmigen Rinnen laufen. Man kann aber die Reibung auf der cylindrischen Fläche dadurch vergröfsern, dafs man mehrere Windungen um den Pfahl schlingt.

Wenn statt der Taue Ketten angewendet werden, mit welchen jedoch niemals gestoppt wird, weil dieselben wegen ihres grofsen Gewichts sich nicht auf das Ufer werfen lassen, so mufs man die Pfähle mit eisernen Schienen verkleiden, da sie sonst stark eingeschnitten werden. Wenn aber andre Schiffe wieder durch Taue daran befestigt werden, so leiden diese von den Kanten der Schienen. Noch übler ist es, wenn man, wie oft geschehn, den Schiffshalter mit Blech bekleidet, weil dasselbe, wenn es stellenweise durchscheuert wird, oder Falten schlägt, besonders stark die Taue angreift. Dagegen empfiehlt es sich, die Oberfläche des Kopfs mit Blech zu verkleiden, um das Eindringen des Regens in das Hirnholz zu verhindern. In den Niederlanden pflegt man den Kopf halbkugelförmig zu bearbeiten und darüber eine hohle Halbkugel aus Gufseisen zu nageln. Wenn der ganze Pfahl durch eine Hülse von Gufseisen überdeckt wird, die unten mit einem stark vorspringenden Rande versehn ist, damit die Ketten nicht herabfallen, so leiden dabei weder die Taue, noch werden die Schiffshalter durch die Ketten beschädigt.

Zuweilen läfst man die rückwärts verankerten Pfähle, welche das Ausweichen des Fachbaums der Spundwand verhindern, die oft auch zugleich als Reibhölzer dienen, über die Holme vortreten, und benutzt sie zugleich als Schiffshalter, doch müssen sie in diesem Fall seitwärts gegen Knaggen gelehnt werden, damit sie auch einem schrägen Zug hinreichend Widerstand leisten.

Wenn der Schiffshalter auf der Kaimauer steht, und in ihr vermauert wird, so ist die Anwendung eines hölzernen Pfahls nicht mehr angemessen, weil ein solcher zu vergänglich ist, und seine Erneuerung in diesem Fall Schwierigkeiten bietet. Dazu

Digitized by Google

kommt noch, dafs man schon ein festeres Material wählen mufs, sobald vorzugsweise grofse Schiffe den Hafen einlaufen, die, wie in neuerer Zeit allgemein geschieht, nicht durch Taue, sondern durch Ketten befestigt werden. Zuweilen hat man steinerne Säulen und namentlich Granitsäulen als Schiffshalter angewendet, dieselben sind jedoch hierzu weniger geeignet, da sie theils die Ketten und noch mehr die Taue angreifen und scheuern, theils aber auch ihre Festigkeit kaum als unbedingt sicher angesehn werden kann. Nichts desto weniger stellen sie sich zuweilen im Preise niedriger, als die gufseisernen. Aus diesem Grund sind sie in neuster Zeit für Pillau gewählt und zwar werden sie hier vollständig bearbeitet von Bornholm bezogen.

Gufseiserne Schiffshalter sind in gröfsern Häfen vorzugsweise üblich. In vielen Fällen, sowohl in Englischen, wie in Französischen Häfen, werden auch alte und zwar recht grofse Schiffskanonen dazu benutzt. Man vermauert dieselben so, dafs die Traube aufwärts und die Mündung nach unten gekehrt ist. Indem jedoch diese Form in mancher Beziehung nicht geeignet, und namentlich der Durchmesser nicht grofs genug, aufserdem auch der Fufs nicht hinreichend gesichert ist, so empfiehlt es sich, die Schiffshalter besonders giefsen zu lassen. Auch diese nennt man in Französischen Häfen allgemein Kanonen, obwohl sie wesentlich verschiedene Formen haben. Das Gufseisen wird weder von den Ketten, noch von den Tauen stark angegriffen, es ist aber auch für letztere nicht nachtheilig, indem es nach einiger Zeit, namentlich wenn Stopptaue darüber geglitten sind, eine sehr glatte Oberfläche annimmt, die sogar fein polirt erscheint.

Man giebt diesen eisernen Schiffshaltern, die immer 8 bis 10 Fufs lang sind und auf zwei Drittel ihrer Länge eingemauert werden, verschiedene Formen. Ihr oberer Theil, der etwa 18 Zoll im Durchmesser hält, wird jedesmal hohl gegossen, und oft setzt sich die Röhre, aus der er besteht, auch abwärts bis zum Fufs fort. Dieses sah ich zum Beispiel in Liverpool, wo man den Schiffshaltern die Fig. 232 *a* dargestellte Form gab. Die Schiffshalter in Great-Grimsby waren bei gleicher Länge nur im obern Theil cylindrisch, während der in das Mauerwerk hinabreichende Theil ein hohles Prisma von quadratischem Querschnitt darstellte.

Digitized by Google

Dasselbe sah ich auch in Dover, doch hatte man hier diesen untern Theil mit langen Schlitzen versehn. In allen diesen Fällen war an den Fufs eine starke und weit vortretende Platte angegossen. Im Hafen Greenock, an der Mündung der Clyde, waren dagegen die obern und untern Theile wesentlich von einander verschieden, indem jene wieder kreisförmige Querschnitte hatten, während diese aus zwei sich durchkreuzenden Platten bestanden, wie Fig. 232 *b* zeigt.

Die Befestigung der Schiffe gegen die auf dem Kai stehenden Schiffshalter ist in sofern für den Verkehr störend, als die Ketten oder Taue theils unmittelbar auf dem Kai liegen, theils in einiger Höhe darüber schweben. Diese Unbequemlichkeit wird bei Schiffsringen, die aus der äufsern Mauerfläche vortreten, vermieden. Dieselben pflegt man so hoch zu befestigen, dafs vom Kai aus die Ketten oder Taue darin eingezogen und daraus gelöst werden können, indem ein Mann sich flach niederlegt und mit den Armen übergreift. Diese Ringe sind häufig einem sehr starken Zug ausgesetzt, der überdies bei heftigem Wind stofsweise, und daher um so kräftiger wirkt. Es genügt daher keineswegs, sie nur in einen Quader einzulassen, wenn derselbe auch schwalbenschwanzförmig mit den daneben liegenden verbunden, oder mit ihnen verdübelt wäre. Am wenigsten können sie aber von den Steinen der obern, also der unbelasteten Schicht gehalten werden.

In England ist es üblich, die Schiffsringe an starke Zugstangen zu befestigen, die hinter der Mauer von Pfählen gehalten werden, welche sich gegen den festen Boden lehnen. Fig. 227 zeigt eine solche Verbindung im Durchschnitt und in der Ansicht von oben. Dieselbe ist, wie bereits erwähnt, in dem Junction-Dock in Hull ausgeführt. Der Ring, der in einer Vertiefung der Mauer und zwar vor einer Eisenplatte liegt, wird von der Zugstange umfafst. Letztere ist durch die Mauer hindurchgeführt. Ihre Länge mifst 40 Fufs. Damit sie aber nicht durchbiegt, so wird sie in der Mitte noch durch einen besondern Pfahl unterstützt, der in der Figur nicht angegeben ist. Sie hält 2 Zoll im Durchmesser. Um sie, wenn es nöthig sein sollte, schärfer anspannen zu können, ist sie aus zwei Theilen zusammengesetzt, die durch ein Schlofs verbunden sind. In diesem kann ein keil-

Digitized by Google

förmiger Splint nachgetrieben werden. Ihr hinteres Ende ist durch einen Ankerriegel gezogen und die Schraubenmutter lehnt sich nicht unmittelbar gegen diesen, sondern zunächst gegen eine starke Eisenplatte. Der Riegel wird theils durch zwei Ankerpfähle, theils aber auf jeder Seite durch eine Reihe dahinter eingerammter Bohlen gehalten. Letztere umspannen sonach eine ausgedehnte Erdmasse, welche fortgeschoben werden müfste, falls der Riegel und mit ihm die Zugstange weichen sollte. Solche Ringe mit zugehöriger Verankerung sind in Abständen von 60 Fufs angebracht.*)

Diese Ringe und Schiffshalter genügen, um das vor dem Kai liegende Schiff zu befestigen, wenn neben der Mauer oder dem Bohlwerk die Tiefe so grofs ist, dafs das Schiff sich unmittelbar dagegen lehnen kann. Zuweilen ist indessen der Hafen nicht mit steilen Wänden umgeben, sondern seine Ufer sind mehr oder weniger flach dossirt, so dafs die Schiffe in einiger Entfernung davon gehalten werden müssen. In diesem Falle sind noch besondere Vorrichtungen nothwendig, um zu verhindern, dafs die Schiffe nicht etwa beim wechselnden Wasserstand oder auch beim Wellenschlag auf den Grund aufsetzen. Hierzu dienen in vielen Häfen Duc d'Alben, die am Rand des tiefen Wassers stehn, und an welche die Schiffe wie an Bohlwerke gelegt werden. Andrerseits pflegen die Schiffer auch selbst schwache Bäume vom Schiffe aus an das Ufer zu legen, die auf dem letztern gegen irgend welche Festpunkte gestützt, und mit den andern Enden an das Schiff gebunden werden.

An denjenigen Stellen, wo grofse Schiffe häufig liegen, pflegt man auch dauernde Einrichtungen dieser Art zu treffen, die jedesmal benutzt werden können, und die eine gröfsere Sicherheit bieten, als jene nur unvollkommen unterstützten Bäume. Dieses ist zum Beispiel in Nieuwe-Diep geschehn, wo die im Hafen stationirten Kriegsschiffe stets gegen das Aufsetzen auf die Uferböschungen gesichert werden. Fig. 233 *a* und *b* zeigt diese Vorrichtung im Durchschnitt und in der Ansicht von oben. Zwei lothrecht eingerammte und oben durch Laschen verstärkte Pfähle

*) Transactions of the Institution of Civil Engineers. London 1834. Vol. I. Pag. 40.

Digitized by Google

tragen einen Riegel, auf dem der gegen das Schiff gestützte Baum mit seinem abgerundeten Ende aufliegt. Dahinter befindet sich ein starker Balken von etwa 8 Fuſs Länge, den drei schräge eingerammte Pfähle mittelst Knaggen tragen, und sein Ausweichen rückwärts verhindern. Zu gröſserer Sicherheit sind noch die Köpfe der äuſsern schrägen Pfähle durch übergezogene Ringe mit denen der lothrechten verbunden. Der Baum, gegen welchen das Schiff sich lehnt, ist über 40 Fuſs lang. Sein hinteres Ende ruht zwischen den Köpfen der beiden lothrechten Pfähle auf dem erwähnten Riegel, und stützt sich rückwärts gegen den kurzen Balken. Seine Lage ist also gegen den Druck und jedes Verschieben vollständig gesichert. Das vordere Ende ist mit aufgenagelten Knaggen versehn, damit die Taue, an welchen er gegen das Schiff gebunden ist, nicht abgleiten. Jedes Schiff wird durch zwei solche Abhalter (Uithouder) gegen zu groſse Annäherung an das Ufer gesichert. Dieselben nehmen nach dem jedesmaligen Wasserstand verschiedene Neigungen an. Aufserdem muſs das Schiff aber noch an Schiffshalter so befestigt werden, daſs es sich weder vom Ufer entfernen, noch auch in der Richtung desselben vor- oder rückwärts bewegen kann.

Zum Befestigen der Schiffe im Innern des Hafens dienen vorzugsweise die Duc d'Alben, welche aus mehreren gegen einander gelehnten und unter sich verbundenen Pfählen bestehn. Diese Benennung derselben ist sowohl in Frankreich, wie in Holland und in Deutschland üblich. In ihrer einfachsten Form bestehn sie aus drei schräge eingerammten Pfählen, die in ihren Köpfen durch einen hindurchreichenden Schraubenbolzen verbunden sind, wie Fig. 234 zeigt. Gröſsere Festigkeit haben sie aber, wenn sie nach Fig. 235 aus fünf Pfählen zusammengesetzt werden, von denen der mittlere, der gemeinhin auch etwas höher heraufreicht, lothrecht, die vier andern aber schräge eingerammt sind, und den ersten in vier Richtungen stützen. Je drei dieser Pfähle sind durch einen gemeinschaftlichen Bolzen mit einander verbunden, damit die beiden Bolzen aber nicht auf einander treffen, so ist einer etwas höher, als der andre angebracht.

Diese letzte Anordnung ist auch bei den im Kriegshafen Willemsoord (Nieuwe-Diep) und zwar in dem groſsen Bassin (§ 42) errichteten Duc d'Alben gewählt. Fig. 235 c zeigt den

Digitized by Google

obern Theil eines derselben in der Seitenansicht. Die Wassertiefe mifst hier 25 Fufs. In der Mitte ist der sogenannte Königspfahl, ein besonders starker Eichenstamm von 48 Fufs Länge eingerammt. Derselbe ist, soweit er über den Grund vortritt, vierseitig beschlagen. Sein oberes Ende hat einen quadratischen Querschnitt von 2 Fufs Seite, weiter abwärts vermindert sich seine Stärke und mifst über dem Grunde nur noch etwa 16 Zoll. Vier andre, in den obern Theilen gleichfalls beschlagene Stämme von 50 Fufs Länge, sind unter der Neigung von 30 Graden gegen das Loth daneben eingerammt, und indem sie mit Versatzung in ihn eingreifen, und mittelst durchgehender Schraubenbolzen daran befestigt sind, stützen sie ihn in allen Richtungen. Diese vier Seitenpfähle sind aufserdem noch wenig unter Wasser, durch einen darüber gelegten eisernen Ring, der durch Unterlagsplatten in der richtigen Lage erhalten wird, mit einander verbunden. Mittelst zweier Schnallen, von denen die Figur eine zeigt, kann diesem Ring die nöthige Spannung wiedergegeben werden, falls er sie verlieren sollte. Damit die umgeschlungenen Schiffsketten aber nicht etwa abgleiten, befindet sich am obern Ende jedes Seitenpfahls noch eine stark vortretende Knagge, und endlich sind an einem Pfahl eiserne Sprossen angebracht, die eine Leiter bilden, von der aus die Schiffsketten bequem umgelegt und wieder gelöst werden können.

Wenn man das Aussehn der Duc d'Alben nicht berücksichtigt, das auch nicht von Bestand zu sein pflegt, so giebt es wohl keinen Grund, die Stämme dadurch zu schwächen, dafs man sie vierkantig beschlägt. Sie lassen sich unter einander auch fest verbinden, wenn man ringförmige Ketten darüber streift, diese scharf antreibt und mit Krammen oder Bolzen befestigt. Die Kette gewährt noch den Vortheil, dafs beim Vorholen von Schiffen die Leinen an sie gebunden werden können. Wird die Kette aber mit der Zeit lose, so treibt man sie weiter herab und befestigt sie aufs Neue. Es ist nicht in Abrede zu stellen, dafs das Umschlagen schwerer Taue und Ketten um die Duc d'Alben von einem Boote aus nicht leicht ist, doch läfst dieser Uebelstand in einfacher Weise und dauerhaft sich nicht beseitigen, auch giebt er wohl niemals zu ernsten Klagen Veranlassung.

Werden die Pfähle eines Duc d'Alben mit der Zeit schad-

Digitized by Google

haft, so pflegt man andre zur Verstärkung daneben einzurammen, und so geschieht es, dafs man in manchen Häfen Klumpen von 20 bis 30 Pfählen sieht. Diese lassen sich nicht mehr durch Bolzen, sondern nur noch durch umgelegte Ketten verbinden und gegenseitig absteifen. Schliefslich wäre noch zu erwähnen, dafs die Ausführung neuer und die Reparatur alter Duc d'Alben am leichtesten geschieht, wenn der Hafen mit Eis bedeckt ist. In welcher Weise diese Pfähle stark geneigt gerammt werden können, ist bereits Theil I. § 35 erwähnt.

Man kann die Schiffe auch, ohne dafs sie selbst vor Anker gehn, an Buoyen befestigen. Dieses sind schwimmende Körper von verschiedenen Formen, nämlich Tonnen, Bollen oder flache Cylinder, die vor Anker liegen, oder in andrer Art an einer bestimmten Stelle gehalten werden. Im Innern der Häfen befestigt man sie vielfach an einarmige Anker. Der zweite Arm fehlt denselben, weil er über die Sohle vortreten würde und alsdann die darüber gehenden Schiffe beschädigen könnte. Anker dieser Art müssen vorsichtig verlegt werden, damit der eine Arm derselben wirklich in den Grund eingreift. Dieselben setzen aber nur in einer Richtung, nämlich in der des Ankerschafts, dem Zuge hinreichenden Widerstand entgegen. Wird von den daran befestigten Schiffen bei verändertem Wind oder Strömung der Zug in andrer Richtung ausgeübt, so drehn sie sich, und es kann alsdann leicht geschehn, dafs der Arm sich nach oben richtet, also in den Grund nicht einschneidet, in welchem Fall sie leicht fortgezogen werden. Diesem Uebelstande pflegt man zwar dadurch vorzubeugen, dafs man besonders schwere Anker wählt, die schon durch ihr eignes Gewicht den nöthigen Widerstand leisten, oder auch dafs man die Ketten zweier in entgegengesetzter Richtung verlegter Anker verbindet, wobei also ein Drehn derselben unmöglich wird. Zuweilen befestigt man auch die Kette an einen besonders schweren Eisen- oder Steinblock, sicherer ist es aber immer, die Grundschraube von Mitchell anzuwenden, die über die Sohle des Hafens gar nicht vortritt, und indem sie durch eine hinreichend hohe Erdschicht überdeckt wird, den nöthigen Widerstand gegen den in jeder Richtung ausgeübten Zug leistet.

Fig. 236 zeigt diese Schraube in der Seitenansicht. Sie be-

Digitized by Google

steht aus einem einzelnen flachen Schraubengang von 4 Fuſs Durchmesser und 10 Zoll Steigung. Derselbe ist an eine Achse angegossen, doch haben die aus Schmiedeeisen gefertigten Schrauben den wesentlichen Vorzug, daſs sie auch in festeren Grund leichter eindringen. Die Spitze der Achse pflegt man aber gleichfalls mit einem Gewinde zu versehn. Ueber der Schraube ist ein Ring angebracht, der sich frei um die Achse dreht, also an der Drehung derselben nicht Theil nimmt, sobald die daran befindliche Kette auf dem Boden liegt oder seitwärts gezogen wird. Der Kopf der Achse hat die Form einer abgestumpften vierseitigen Pyramide. Auf diesen paſst ein Schlüssel, durch dessen Drehung die Schraube in den Grund getrieben wird. Ist diese bei mäſsig festem Boden etwa 6 Fuſs eingedrungen, so widersteht sie schon jedem Zuge der Kette eben so sicher, wie der schwerste Anker. Sollte es aber nöthig sein, die Schraube tiefer eingreifen zu lassen oder auszuheben, so gelingt es nach einigen Versuchen mit dem Schraubenschlüssel, der neben der Kette herabgelassen wird, den Kopf der Spindel wieder zu fassen, und alsdann die Schraube zu senken oder zu heben. Der Schraubenschlüssel wird aber oben mit einem hinreichend groſsen Spillrad versehn, damit man im Stande ist, ihn mit der nöthigen Kraft zu drehn. Im I. Theil dieses Handbuchs § 37 ist bei Gelegenheit der Schraubenpfähle das Verfahren beim Einbringen der Grundschrauben schon eingehend beschrieben.

Unter den verschiedenen Buoyen, die durch Ketten verankert sind, und woran die Schiffe befestigt werden, dürfte wohl diejenige den Vorzug verdienen, welche man in Französischen Häfen verwendet und die in einem flachen Cylinder aus Eisenblech von 7 Fuſs Durchmesser und 3 Fuſs Höhe besteht. In der Mitte der obern Fläche befindet sich der starke eiserne Ring, der zum Befestigen der Schiffe dient, und der mittelst einer hindurchreichenden Achse unmittelbar mit der erwähnten Kette verbunden ist.

Diese Cylinder haben soviel Tragfähigkeit, daſs ein Mann hinauftreten und die Schiffskette an den Ring befestigen kann. Sie leiden vielfach theils durch zufällige Beschädigungen, theils auch durch die Einwirkung des Seewassers, woher man sie nach vierteljährigem Gebrauch aufnimmt, um sie sorgfältig zu unter-

Digitized by Google

suchen. Wenn keine sonstigen Beschädigungen sich daran vorfinden, so werden sie wenigstens mit Oelfarbe frisch gestrichen.

Diese und andere Buoyen sind aber in einem Hafen, so wie auch in beschränkten Fahrwassern, nur anzuwenden, wenn der Wasserstand sich nicht bedeutend ändert, also kein starker Fluthwechsel stattfindet. Wo ein solcher vorhanden ist, treiben sie bei kleinem Wasser seitwärts, und verändern dadurch wesentlich ihre Stelle. Am Mittelländischen Meer werden sie häufig benutzt, auch kommen sie in den Englischen Docks oder Flotthäfen vielfach vor, wo der Wasserstand nahe in gleicher Höhe erhalten wird.

In dem Hafen von Triest ist der Wellenschlag weniger gefährlich, als der überaus heftige Nordostwind, die Bora genannt, der von dem flach abfallenden Ufer die vor Anker liegenden Schiffe trifft und diese oft losreifst und forttreibt. Um hier die Schiffe sicher halten zu können, hat man eigenthümliche Verbindungen einer grofsen Anzahl von Pfählen gewählt, welche die nöthigen Festpunkte darstellen sollen. Es werden nämlich sechszehn oder fünfundzwanzig Pfähle in vier oder fünf Reihen eingerammt, so dafs sie quadratische Flächen bilden. Der gegenseitige Abstand je zweier Pfahlköpfe und zwar in beiden Richtungen mifst etwa 3 Fufs, und zwischen, so wie auch um dieselben werden Balken in mehreren kreuzweisen Lagen befestigt, um die Pfähle gegenseitig zu stützen. Die innern Pfähle stehn senkrecht, die äufsern dagegen schräge. Eine grofse Anzahl Bolzen verbinden die Balkenroste mit den Pfählen, und an den Köpfen der Bolzen befinden sich starke Ringe, woran die Schiffe befestigt werden. Die Verwendung schwächerer Hölzer zu den Rosten, die früher üblich war,*) hat man in neuster Zeit aufgegeben, und dafür stärkeres Holz gewählt, so wie auch die Eisenverbindung theils einfacher und theils solider geworden ist. Man nennt diese Schiffshalter, die nichts andres, als eine Art von Duc d'Alben sind, Fari.

Bisher ist nur von denjenigen Einrichtungen zum Festlegen der Schiffe die Rede gewesen, welche eigentliche Bauwerke sind, also gar nicht oder doch nicht leicht nach dem jedesmaligen Bedürfnifs verstellt werden können. Die zu den Schiffen gehörigen

*) Förster's allgemeine Bauzeitung. 1842. Seite 97.

Digitized by Google

Anker, die man sowohl in die Sohle des Hafens eingreifen läfst, falls das Ankern daselbst erlaubt ist, als man sie auch auf die Ufer ausbringen, und daran die Schiffe befestigen kann, gehören daher nicht hieher, und eben so wenig die Korkbeutel und Reibhölzer, die man über Bord hängt, um das Aufstofsen und Reiben der Schiffe gegen die Kaimauern zu vermeiden. Nichts desto weniger müssen die beweglichen Reibhölzer erwähnt werden, die man in manchen Englischen Häfen, zum Beispiel in Southampton, sieht, und die man mit Leichtigkeit an diejenige Stelle versetzen kann, wo das Schiff die Kaimauer berühren würde.

Fig. 237 *a* und *b* zeigt ein solches in der Ansicht von der Seite und von oben. Das eigentliche Reibholz besteht aus einem neunzölligen Balken, der etwa 12 Fufs unter die Oberfläche der Mauer herabreicht und 6 Fufs hoch darüber sich erhebt. Derselbe ist mittelst eines starken eingelafsnen eisernen Bügels mit zwei Schwellen verbunden, welche rückwärts an einen darin verkämmten Riegel gebolzt sind. Den letztern umfafst mit einer Klaue die Strebe, die durch Versatzung in den obern Theil des Reibholzes eingreift, mit dem sie wieder durch einen eingelafsnen Bügel verbunden ist. Diese ganze Vorrichtung steht lose auf der Kaimauer und kann nach dem jedesmaligen Bedürfnifs verschoben werden, sie gewährt eine sehr sichere Stütze den Schiffen, wenn diese seitwärts hinreichend befestigt sind, so dafs sie nicht das Reibholz verschieben oder es zugleich mit dem Bocke drehn.

§ 87.

Hafen-Anstalten.

Zur Erleichterung und Sicherung des Verkehrs in einem Seehafen sind noch verschiedene Anlagen und sonstige Einrichtungen erforderlich, die bereits § 29 namhaft gemacht sind, jedoch zum Theil noch einer nähern Beschreibung bedürfen.

Zur Darstellung der nöthigen Verbindungen und zur Erleichterung des Verkehrs müssen zuweilen Brücken über den Hafen geführt werden. Dabei ist stets darauf zu achten, dafs durch dieselben die Schiffahrt nicht gehemmt oder gefährdet wird. Der Hauptzugang zum Hafen und zu den Liegeplätzen der gröfsten

Digitized by Google

Schiffe, soweit diese unter Segel dahin gelangen können, wird allgemein nicht durch eine Brücke gesperrt, weil diese, wenn auch mit Klappen oder sonstigen freien Oeffnungen versehn, den Verkehr zu sehr hindert. So durfte unterhalb der London-Bridge keine Brücke über die Themse erbaut werden, und man versuchte, das Bedürfnifs des Landverkehrs durch den Bau von Tunneln, also durch Verbindung beider Ufer mittelst Strafsen unter dem Strombette, zu befriedigen. Auch bei einem Brande sind diese Brücken höchst nachtheilig, indem sie das Verholen der Schiffe wesentlich erschweren. Nur wenn andern Interessen überwiegende Wichtigkeit beigelegt wird, bleiben diese Rücksichten unbeachtet, wie beim Bau der Eisenbahnbrücke in Königsberg geschah.

Die Einrichtung der Schuppen auf den Kais, entweder mit blofser Verdachung versehn, oder mit dichten Seitenwänden umgeben, kann hier umgangen werden, eben so die der Revisions-Anstalten der Steuerbehörden mit den zugehörigen Waagen und Magazinen. Dasselbe gilt von den Eisenbahnen, die zur An- und Abfuhr der Güter und Waaren dienen, so wie auch von den Wasserleitungen, die den Hafen umgeben und die so eingerichtet sein müssen, dafs man nur einen Schlauch anzuschrauben und einen Krahn zu öffnen braucht, um die Fässer und eisernen Wasserbehälter (Tanks) auf den Schiffen unmittelbar zu füllen, ohne dafs dieselben ausgehoben oder das Wasser zu ihnen getragen werden darf.

Wo ein bedeutender Holzhandel stattfindet, und namentlich, wenn das Holz in Stämmen oder Balken herbeigeflöfst wird, mufs ein besonderer Holzhafen für die Flöfse eingerichtet werden, der, wenn er auch keiner grofsen Tiefe bedarf, doch hinreichend ausgedehnt und mit den erforderlichen Rampen oder sogenannten Aufschleppen versehn sein mufs, auf welchen das Langholz aufgezogen wird. Die Ausfuhr von runden Stämmen ist in unsern Häfen nicht von Bedeutung, nach Danzig, Pillau und Memel kommt das Holz schon als Balken bearbeitet in grofsen Flöfsen aus den Russischen Waldungen auf der Weichsel und dem Memelstrom herab. Es bleibt alsdann in den Holzhäfen, ohne aufgezogen zu werden. Wird es aber in Bohlen und Dielen zerschnitten, so stapelt man diese bis zur Verschiffung auf dem Ufer auf.

Digitized by Google

In jedem Seehafen pflegt eine Anzahl von Böten sich anzusammeln, welche den Einwohnern gehören und die vorzugsweise zu den verschiedenen Hülfsleistungen beim Aus- und Eingehn der Schiffe benutzt werden. Indem sie den Verkehr erleichtern, so mufs man auch für ihre Unterbringung sorgen, und es kommt darauf an, eine besondere Liegestelle für die Böte oder einen Bootshafen einzurichten, der den eigentlichen Hafen nicht beschränkt, aber auch nicht zu entlegen ist. Eine Wassertiefe von 3 Fufs genügt für ihn, doch ist eine Rampe oder Aufschleppe daneben nothwendig, um von Zeit zu Zeit die Böte reinigen, auch wohl leichte Reparaturen daran vornehmen zu können. Zuweilen bietet sich Gelegenheit, diese Häfen in der Art anzulegen, dafs durch sie der Verkehr neben dem Haupthafen nicht unterbrochen wird. Wenn nämlich an dem letztern eine Ladebrücke sich hinzieht, so können unter dieser die Böte in den dahinter befindlichen Bootshafen gelangen. Beispielsweise ist diese Anordnung in Swinemünde und zwar unmittelbar neben der Stadt getroffen.

Von besonderer Wichtigkeit ist es, einen Hafen möglichst gegen Feuersgefahr zu sichern, da die Schiffe, selbst wenn sie in Eisen erbaut sind, doch in den Masten, Raen und der ganzen Takelage leicht Feuer fangen und das Deck, wie die Verzimmerungen im Raum, und grofsentheils auch die Ladungen leicht in Brand gesetzt werden. Dazu kommt noch, dafs die beschränkte Räumlichkeit die Löschanstalten viel unwirksamer macht, als bei einem Brande von Gebäuden auf dem Lande. Der Geschicklichkeit und Umsicht der Seeleute gelingt es zwar gemeinhin, das Feuer im ersten Entstehn zu löschen, wenn dieses aber nicht geschieht, so ist es fast unmöglich, das brennende Schiff noch zu retten, und es bleibt alsdann nur übrig, dasselbe entweder, während es schon in vollen Flammen steht, nach einem entlegenen Theil des Hafens zu bringen, oder die in seiner Nähe liegenden Schiffe zu entfernen, um diese zu sichern.

Bei dieser grofsen Gefahr pflegt man die Anordnung zu treffen, dafs Schiffe, welche besonders leicht feuerfangende oder solche Güter geladen haben, die der Selbstentzündung unterworfen sind, an einer abgesonderten Stelle des Hafens liegen. Dabei wird zugleich dafür Sorge getragen, dafs auf denselben und in ihrer Nähe kein Feuer angezündet werden darf.

Digitized by Google

Vorzugsweise ist diese Vorsicht für die mit Petroleum beladenen Schiffe geboten, die in neuerer Zeit oft in grofser Anzahl sich ansammeln. Man ist gezwungen, für diese besondere Häfen zu erbauen, die so sicher verschlossen sind, dafs das darin brennende Petroleum sich nicht weiter verbreiten kann. In welcher Weise dieses geschieht, soll im Folgenden, wenn von den besondern Anlagen zur Sicherung des Verkehrs die Rede ist, mitgetheilt werden.

In unsern Häfen war es früher verboten, auf den Schiffen Feuer anzumachen, und selbst in den Cajüten durfte ein Licht nur in einer wohlverschlossenen Laterne angezündet werden. Man ist zwar in neurer Zeit von der grofsen Strenge in dieser Beziehung meist zurückgekommen, und zwar vorzugsweise, weil mit den Dampfschiffen doch eine Ausnahme gemacht werden mufste, nichts desto weniger bestehn in unsern Häfen zum Theil noch Kochhäuser, in welchen die Speisen für die Schiffsmannschaft zubereitet wurden. Diese Gebäude, die jedesmal ganz massiv sind, enthalten nur kleine, aber gehörig beleuchtete Räume, deren jeder mit einem besondern Eingang versehn ist, und worin je einer oder zwei niedrige Heerde sich befinden. Auf jedem der letztern wird gemeinhin für zwei Schiffsmannschaften gekocht. Die vollständig vorbereiteten Kessel werden nebst dem nöthigen Feuerungsmaterial vom Schiff aus im Boote herbeigefahren und die fertige Speise wieder auf das Schiff zurückgebracht. Zur Erhaltung der Ordnung und der Reinlichkeit ist die Anstellung besonderer Kochhauswärter nothwendig.

Demnächst mufs für den Ballastverkehr gesorgt werden. Derselbe ist in den verschiedenen Häfen sehr verschiedenartig. In unsern Ostsee-Häfen und namentlich in denen der Provinz Preufsen werden vorzugsweise Getreide, Holz und andere Producte ausgeführt. Die Mehrzahl der Schiffe geht also beladen aus, und kommt in Ballast zurück. Es wird daher hier im Allgemeinen mehr Ballast eingebracht, als entnommen, und es kommt darauf an, für diesen die nöthigen Lagerplätze zu beschaffen. Die Ballastplätze dürfen aber von den Liegestellen der Schiffe, wo diese die Ladung einnehmen, nicht weit entfernt sein, weil scharf gebaute Schiffe oft so rank sind, dafs sie ohne Ladung und bei voller Takelage leicht umfallen. Man kann sie alsdann bei ruhiger

Digitized by Google

Witterung wohl auf kurze Entfernung noch verholen und sie, sobald sie an der Kaimauer oder am Bohlwerk liegen, sicher halten, bis sie einige Ladung eingenommen haben, sollen sie aber auf weite Entfernung verlegt werden, so bleibt nur übrig, die Bramstengen herabzulassen und ihnen dadurch mehr Stabilität zu geben.

In noch gröfserm Maafse häuft sich der Ballast in solchen Häfen an, wo grofse Massen Kohlen ausgeführt werden. So sieht man an der Mündung der Tyne, sowohl bei North-, wie bei South-Shields hohe Berge von abgelagertem Ballast. In andern Häfen dagegen, wo einer wohlhabenden und zahlreichen Bevölkerung die Lebensbedürfnisse zugeführt werden, und die Ausfuhr sich auf werthvollere und solche Güter beschränkt, die weniger massenhaft sind, mufs der nöthige Ballast aus den nächsten Umgebungen herbeigeschafft werden. Dieses Verhältnifs findet in vielen Englischen, so wie auch in manchen Französischen Häfen statt, und man benutzt dasselbe vielfach im Interesse der Schiffahrt. So ist zum Beispiel bereits erwähnt worden (§ 75), dafs der Kies, welcher sich stellenweise in der Themse unterhalb London ablagert, als Ballast an die Schiffe verkauft wird, wodurch die Baggerungskosten gedeckt werden. In Calais (§ 47) darf nur der an der westlichen Seite des Hafens auf dem Strand abgelagerte Sand als Ballast verwendet werden, und obwohl der Handelsverkehr hier nicht bedeutend ist, so bilden sich in Folge dieser Anordnung dennoch bedeutende Vertiefungen im Strand, welche den von der Küstenströmung herbeigeführten Sand später wieder aufnehmen, bevor er die Hafenmündung erreicht, und sonach diese in gewissem Maafse gegen das Eintreten des Sandes sichert.

Auch aus der Zufuhr von Ballast läfst sich für den Hafenbau zuweilen ein nicht unerheblicher Nutzen ziehn, nämlich dadurch, dafs grober Kies, oder Steine auf diesem Wege für mäfsige Preise zu beschaffen sind. Der Ballast besteht zwar meist nur aus Sand, in manchen Häfen, wo derselbe eingenommen wird, kann jedoch mit geringen Mehrkosten dafür auch Kies oder Steinmaterial beschafft werden. Wenn man daher für letztere den Schiffern eine mäfsige Vergütung giebt, so nehmen sie, so oft sich die Gelegenheit bietet, statt des Sandes Steinmaterial ein.

Ueber das Laden und Löschen des Ballastes ist

Digitized by Google

wenig zu bemerken. Wenn derselbe gelöscht wird, so pflegen die Matrosen ihn mit Schippen oder mit den sogenannten Ballastschaufeln aus dem Raum, oft durch kleine Luken, auf Deck zu werfen. Hier wird derselbe in Schiebkarren verladen und auf das Ufer geführt. Da jedoch das Material, wenn es Sand ist, keinen Werth hat, so sind die Arbeiter sehr geneigt, denselben möglichst bald zu beseitigen, um sich dadurch den weitern Transport zu erleichtern, und es pflegen grofse Massen beim Abkarren in den Hafen zu fallen. Um dieses zu vermeiden, ist dauernde und sorgfältige Ueberwachung nothwendig. Der Ballastaufseher ist verpflichtet, das Löschen nicht früher zu gestatten, bis eine hinreichend breite und in den Fugen vollständig überdeckte Brücke dargestellt ist. Auch mufs er darauf achten, dafs kein Theil des auf dieser verschütteten Sandes herabfällt, sondern die Brücke von Zeit zu Zeit, und namentlich nach Beendigung des Löschens gereinigt, und der Abfall auf das Ufer geschafft wird.

Zum Anfahren des Ballastes werden in neuster Zeit vielfach Eisenbahnen benutzt. Dieses ist zum Beispiel in Swinemünde der Fall, woselbst solche auf dem rechten, wie auf dem linken Ufer zu diesem Zweck eingerichtet wurden. Auf dem rechten Ufer werden die beladenen Wagen so hoch heraufgezogen, dafs ihr Inhalt unmittelbar in den Raum des Schiffs herabstürzt. In Festungen erleidet dieser Verkehr zuweilen insofern eine übermäfsige Erschwerung, als nach der strengsten Auffassung der Rayon-Gesetze selbst in Friedenszeiten keine Karre Ballast auch nur vorübergehend am Ufer abgelagert werden darf.

Demnächst sind die Lootsen-Stationen zu erwähnen. Solche sind in jedem wirklichen Hafen eingerichtet, da die Lootsen nicht nur die Schiffe ein- und ausbringen, sondern auch das Verholen der Schiffe anordnen und die polizeiliche Aufsicht über den Hafen ausüben. Zu letztem Zweck ist zwar oft ein besonderer Hafenmeister angestellt, doch ist derselbe dem Lootsen-Commandeur untergeordnet, wenn dieser nicht vielleicht, wie oft der Fall ist, beide Aemter zugleich versieht. Ueber die Einrichtung der Lootsenwache und des Lootsen-Bureaus, worin alle ein- und ausgehenden Schiffer sich melden und ihre Papiere vorlegen müssen, wäre nur zu bemerken, dafs zur Erleichterung dieser Meldungen das Bureau in der Nähe des Fahrwassers liegen mufs.

Digitized by Google

Der wichtigste Theil des Lootsendienstes besteht in dem Einbringen der ankommenden Schiffe. Um diese rechtzeitig wahrzunehmen, mufs ein Posten auf einer besondern Warte fortwährend aufgestellt sein, und letztere mufs nicht nur nach der Hafenmündung, sondern auch weit über diese hinaus in die offene See eine freie Aussicht gewähren. Diese Warte befindet sich zuweilen unmittelbar neben der Lootsenwache, zuweilen aber in einiger Entfernung von derselben, und häufig wird der Leuchtthurm als solche benutzt. Sehr zweckmäfsig ist es, wenn man zur schleunigen Benachrichtigung eine Telegraphenverbindung zwischen der Warte oder dem Thurm und der Wache einrichtet, wie dieses in Swinemünde geschehn ist. Die möglichste Beschleunigung ist aber besonders geboten, wenn ein heftiger Wind die Küste trifft. Alsdann ist der Wellenschlag nicht nur am stärksten, und die scharfe Innehaltung des tiefsten Fahrwassers daher am dringendsten geboten, sondern das Schiff nähert sich auch dem Hafen am schnellsten, während das Herauskommen der Lootsen durch Gegenwind und meist auch durch Gegenströmung verzögert wird.

Ueber dem kleinen Thurm, welcher die Lootsenwarte bildet, wird in gröfsern Häfen häufig noch die Vorrichtung zum Herablassen des Zeitballs angebracht. Derselbe besteht in einem Ballon von 3 bis 4 Fufs Durchmesser, der über dem Thurm schwebt und Mittags um 12 Uhr mittlerer Zeit herabfällt. Er giebt also Gelegenheit zur Berichtigung der Chronometer der im Hafen liegenden Schiffe. Die scharfe Berichtigung dieser Chronometer ist nämlich für die Ermittelung der geographischen Länge während der Fahrt, wenn durch die Beobachtung einiger Sonnenhöhen die locale Zeit bestimmt wird, von grofser Wichtigkeit, und ist viel sicherer, als wenn die Länge etwa aus den Abständen des Mondes von Fixsternen hergeleitet werden müfste. Indem die Längen auf den Seekarten gemeinhin von Greenwich ab gezählt werden, so pflegt man die Chronometer auch nach Greenwicher Zeit zu stellen. Da aber die geographische Länge jedes Hafens aus den nautischen Handbüchern entnommen werden kann, so läfst sich die Greenwicher Zeit leicht aus der localen herleiten, und man pflegt letztere zu signalisiren, damit auch die Uhren im Hafenort hiernach berichtigt werden können.

Digitized by Google

Einen solchen Zeitball, der diametral eine Eisenstange umfafst, und an dieser herabfällt, hat der Lootsen-Commandeur Knoop etwa seit 10 Jahren in Swinemünde eingerichtet und an jedem Tage denselben in Thätigkeit gesetzt, indem er durch Beobachtung der Circummeridianhöhen der Sonne, so oft die Gelegenheit sich bot, die Zeitbestimmung machte und hiernach eine erprobte Pendeluhr berichtigte. Wenn das plötzliche Lösen dieses Ballons während des Sommers auch keine Schwierigkeit machte, so trat dabei im Winter doch häufig der Uebelstand eiu, dafs bei der zunehmenden Wärme am Vormittag an der noch kalten Eisenstange die dagegen fallenden Regentropfen und selbst die Feuchtigkeit eines schwachen Nebels gefror und dadurch die Stange sich mit Eis bedeckte, welches das Herabgleiten des Balles verhinderte. In solchem Fall mufste also vorher die Stange mit einem passenden Eisen gereinigt werden, was wenig Mühe verursachte, indem man leicht zu ihr gelangen konnte.

In neuster Zeit sind Seitens des Deutschen Reichs in mehreren Häfen, zunächst in Cuxhaven und Bremerhaven besondere Thürme zu gleichem Zweck eingerichtet, auch in Swinemünde wurde im Herbst 1879 ein solcher erbaut. Der Thurm im Bremerhaven ist nach der Beschreibung von Lentz*) 76 1/2 Fufs hoch, in der untern Hälfte kegelförmig, woselbst seine Basis 19 und der obere Querschnitt 4 1/2 Fufs im Durchmesser hält. Der obere Theil des Thurms ist cylindrisch geformt und zwar unter Beibehaltung des letzten Querschnitts. Er besteht nur aus Eisenblech von nahe 3 Linien Stärke und ist durch 24 Eisenstäbe gegen ein aus grofser Tiefe aufgemauertes Fundament geankert. Der kugelförmige Ball, aus Eisenschienen gebildet und mit schwarz gefärbtem Segeltuch überzogen, wird noch 9 1/2 Fufs über den Thurm gehoben und durch drei hindurch gezogene Eisenstangen so genau geführt, dafs die darüber hängende Zange, nachdem er herabgefallen ist, ihn sicher fassen und wieder heben kann. Das Lösen der Zange geschieht aber nicht aus freier Hand, sondern mittelst telegraphischer Leitung, wie bei dem Cuxhavener Thurm, von der

*) Der Verfertiger des Projects zu diesen Thürmen, Hafenbau-Inspector Lentz in Cuxhaven, hat den Thurm in Bremerhaven in der Deutschen Bauzeitung (1879, Seite 248) eingehend beschrieben und durch Zeichnungen erläutert.

Digitized by Google

Hamburger Sternwarte aus. In gleicher Art wird auch der Ball auf dem neuen in gleicher Art erbauten Thurm in Swinemünde von der Sternwarte in Berlin aus in Thätigkeit gesetzt werden. Dem Wächter liegt also nur die Pflicht ob, jene Zange später herabzulassen, und dieselbe zugleich mit dem Ball wieder zu heben, zu welchem Zweck im Thurm unten eine Winde aufgestellt ist. Der Wärter erhält aber auch ein besondres telegraphisches Signal, damit er mittelst einer Leine die Zange öffnen kann, wenn dieses durch die Leitung nicht geschieht. Dafs nicht nur die Local-, sondern auch die Greenwicher Zeit angegeben, auch die Annäherung des Mittags durch verschiedene Stellungen des Balls bezeichnet werden soll, ist in der baulichen Anordnung von wenig Bedeutung, doch dürfte das Beseitigen des Eises an den drei Leitstangen schwieriger sein, als an der einen, um so mehr, da nur auf einer senkrechten Leiter in der Achse des Thurms derselbe bestiegen werden kann.

Die Lootsenböte müssen so stationirt sein, dafs sie selbst bei kleinen Wasserständen offenes Fahrwasser vor sich haben, also ohne Aufenthalt den ankommenden Schiffen entgegengehn können. Ueberdiefs müssen die Böte auch möglichst nahe an der Hafenmündung liegen, um nicht etwa auf lange Strecken gegen einen hart eingehenden Strom gerudert werden zu dürfen. Befindet sich eine Sandbank zwischen dem Bootshafen und dem Fahrwasser, die nur mit kleinen Böten überfahren werden kann, so ist es vortheilhaft, die gröfsern Lootsenböte am Rande des Fahrwassers vor Anker zu legen, und, so oft es nöthig ist, mittelst kleiner Böte zu besetzen. Dieses geschieht in Swinemünde, obwohl die gröfsern Segelböte daselbst seit der Erbauung des Dampf-Schooners in schwierigen Fällen nicht mehr benutzt werden. Letzterer ist allein für den Lootsendienst bestimmt, und mit Ausnahme der seltensten Fälle, wie beim Sturm im December 1864, ist er unter allen Umständen in See gegangen.

Die Bootshäfen nebst den zugehörigen Utensilienschuppen gehören mit zur Einrichtung der Lootsen-Stationen, auch mufs man für die nöthigen, zum Theil verdeckten Räume sorgen, wo Reparaturen und Neubauten von Böten, Buoyen und dergleichen vorgenommen werden können.

Endlich kommen auch die Rettungsapparate in Betracht

Digitized by Google

und vorzugsweise die Rettungsböte, mittelst deren die Besatzungen von gestrandeten oder sinkenden Schiffen geborgen werden. Indem diese meist nur bei heftigem Seegange und in der Brandung gebraucht werden, wo das Ueberschlagen der Wellen und das Anfüllen mit Wasser unvermeidlich ist, so müssen sie an sich so viel Tragfähigkeit besitzen, dafs sie in diesem Fall und sogar mit Menschen überfüllt, nicht sinken. Aufserdem müssen sie sich aber auch sogleich wieder aufrichten, falls sie kentern sollten. Dabei ist es ferner nothwendig, dafs sie leicht beweglich sind, auch wird ihre Benutzung bedeutend bequemer, wenn das Wasser von selbst aus ihnen abfliefst, und nicht ausgeschöpft zu werden braucht. Die Erfüllung dieser sämmtlichen Bedingungen ist überaus schwierig, und hierzu kommt noch, dafs sie in vielen Fällen von dem Strande aus durch die Brandung und gegen die auflaufenden Wellen ins Wasser geschoben werden müssen. Welche Bedeutung diese letzte Aufgabe hat, ergiebt sich aus den frühern Mittheilungen über die Wirkung der Wellen, welche auf flache Dossirungen treten. Das leichte Boot ist aber augenscheinlich einem viel stärkern Stofs ausgesetzt, als schwere und grofse Steine, die dennoch hinaufgeworfen werden.

Es können hier nur kurze Andeutungen über die passendste Einrichtung der Rettungsböte gegeben werden. Früher wurden dieselben gleich andern Böten erbaut, man bemühte sich nur, sie aus fehlerfreiem Holze möglichst stark und dennoch leicht zu construiren. Sie waren vorn und hinten gleich geformt, so dafs sie eben so gut in einer, wie in der andern Richtung gerudert werden konnten. Das Ruder oder Steuer fehlte, weil dieses zu leicht abgebrochen wurde, zum Steuern dienten aber Rieme, die man nach Umständen auf einem, oder dem andern Ende, und zuweilen auf beiden zugleich auslegte. Beide Seitenwände waren im obern Theil und zwar in der ganzen Länge auf der äufsern Seite mit einer etwa 8 Zoll starken Korklage bedeckt. Diese hatte sehr verschiedene Zwecke. Sie hielt das Boot über Wasser, falls es vollgeschlagen war, sie richtete es wieder auf, sobald es kenterte, und sie mäfsigte den Stofs beim Anlegen an das gestrandete Schiff. Das eingedrungene Wasser wurde mit Ledereimern ausgeschöpft. Die Mannschaft war aber durch Taue, an deren Enden sich Korkballen befanden, gegen das Fortspülen

Digitized by Google

gesichert, und Taue an den Aufsenseiten erleichterten ihre Rettung, falls sie herausgeschlagen werden sollten.

Mit diesen Böten sind vor unsern Häfen vielfache Rettungen ausgeführt, und die Lootsen hatten im Allgemeinen zu denselben grofses Zutrauen. Doch ereignete sich 1811 bei Pillau der Fall, dafs das Boot umschlug und sich nicht wieder aufrichtete, vielmehr der Kiel nach oben gekehrt blieb, woher die sämmtlichen darin befindlichen Lootsen und die andern Seeleute ertranken.

Diese Böte waren in den Häfen selbst stationirt, und standen in besondern Schoppen auf stark geneigten Hellingen, so dafs sie jedesmal schnell in hinreichend tiefes Wasser herabgelassen werden konnten. Vom Strande wurden sie nicht leicht abgeschoben, obwohl man Wagen zu ihrem Transport eingerichtet hatte. Die Bergung der Mannschaft eines gestrandeten Schiffs erfolgte in der Art, dafs das Boot an dem letztern vorbei noch eine Strecke in den Wind ruderte. Alsdann warf man den Dragger aus, und an dem Tau desselben liefs man das Boot bis zur Seite des Schiffs sacken. Ein festes Anlegen an dasselbe war unmöglich, weil dabei das Boot zerstofsen, oder auch wohl auf das Schiff geworfen wäre. Es schwamm vielmehr in einigem Abstande daneben, doch liefs man es hin und her scheren, und in den Augenblicken, wo es sich am meisten ihm näherte, sprangen die Leute hinein oder in das Wasser und wurden in diesem Fall von den Lootsen gefafst. Die gerettete Mannschaft mufste meist am Boden liegen, um die Bedienung des Bootes nicht zu hindern.

Die Rettung der Schiffbrüchigen erfolgt vielfach nicht durch angestellte Beamte und besoldete Seeleute, sondern durch Freiwillige. In mehreren Seehäfen haben sich zu diesem Zweck Privatgesellschaften gebildet, deren Theilnehmer, so oft es nöthig ist, die Rettungsböte aussetzen und bemannen. Eine Gesellschaft, die zuerst in Bremen zusammentrat, jetzt aber über ganz Norddeutschland ausgedehnt ist, hat eine grofse Anzahl Rettungsstationen eingerichtet, und mit Böten und andern Apparaten versehn.

Um die Verbesserung und Verbreitung der Rettungsböte hat sich auch eine Gesellschaft in England (the royal national life-boat institution) sehr verdient gemacht, und zugleich

Digitized by Google

aus eignen Mitteln eine grofse Anzahl dieser Böte erbaut und auf solchen Punkten stationirt, wo Strandungen sich am meisten wiederholten. Die Gesellschaft erklärte sich im Allgemeinen für die von James Peake gemachten Vorschläge und liefs mit manchen Aenderungen hiernach Böte von verschiedener Gröfse bauen. Die gröfseren sind 29 Fufs lang und 8 Fufs breit, und in der Mitte ohne den Kiel $3\frac{1}{8}$ Fufs hoch. Sie werden durch 8 bis 10 Riems bewegt. Ihr Gewicht beträgt 3000 bis 4000 Pfund. Sie sind mit flachem Boden versehn, aus dem der 8 Centner schwere gufseiserne Kiel hervortritt. Vorn und hinten laufen sie in scharfe Spitzen aus. Die Inhölzer fehlen ihnen, indem doppelte halbzöllige kieferne Planken, die sich diagonal überdecken, mit dazwischen liegender getheerter Leinwand die Seitenwände bilden. Ein wasserdichtes Deck in der Höhe des äufsern Wassers bei vollständig belastetem Boot bildet den innern Boden. Der darunter befindliche luftdicht verschlofsne Raum trägt das Boot. Ueber diesem erheben sich rings umher bis zur Bordhöhe kupferne Luftkasten, die vorn und hinten noch 2 Fufs höher hinaufreichen, und das Boot aufrichten, falls es kentern sollte, der eiserne Kiel dient gleichfalls zu diesem Zweck. Durch den innern und äufsern Boden sind sechs kupferne Röhren von 6 Zoll Durchmesser geführt, die durch Ventile geschlossen werden, welche sich nach unten öffnen. Sie lassen also kein Wasser einfliefsen, ist aber das Boot ganz oder theilweise mit Wasser gefüllt, so öffnen sie sich von selbst, und das Wasser fliefst durch die Röhren ab. Die Erfahrung ergab, dafs Böte dieser Art an sich zu leicht waren, wenn sie nämlich gegen hohe Wellen gerudert wurden, so erlitten sie von den letztern so starke Stöfse, dafs ihre Fahrt vollständig unterbrochen wurde. Man mufste daher ihre Masse vergröfsern, um durch das Moment der Trägheit den Stofs der Wellen aufzuheben. Dieses erreichte man dadurch, dafs man den Zwischenraum zwischen dem äufsern und innern Boden vollständig mit Kork und anderm leichten und trocknen Holz auspackte. Dieser Raum ist aber wasserdicht abgeschlossen, woher das Holz sein geringes specifische Gewicht behält, also noch das Boot trägt. Man rühmt, dafs diese Böte selbst bei heftigem Gegenstofsen an das Schiff nicht leiden. Bei dieser Bauart ohne Inhölzer mit doppeltem

Digitized by Google

kreuzweisem Belag (diagonal double planking) besitzen die Fahrzeuge auch nach sonstigen Erfahrungen einen hohen Grad von Elasticität.

Häufig werden die Rettungsböte nicht im Hafen, sondern am freien Meeresufer, und zwar an solchen Stellen stationirt, wo vorzugsweise Strandungen zu besorgen sind, wo jedoch das tiefe Wasser möglichst nahe ist. Man richtet alsdann vor dem Schoppen, worin sie stehn, Hellinge ein, auf denen sie herabgelassen und später wieder aufgezogen werden können. Das Ablassen wird hierdurch zwar etwas erleichtert, es bleibt aber dennoch bei dem Andrang der Wellen schwierig, wenn nicht vielleicht, wie oft geschieht, ein Anker davor liegt, an dessen Tau man das Boot gegen den Stofs der Wellen halten und es in der Zwischenzeit zwischen zwei Wellen kräftig herabziehn kann.

Erfolgt indessen die Strandung in weiterer Entfernung von der Station, so läfst sich das Boot viel schneller auf einem Wagen nach dem Orte bringen, wo es gebraucht wird, als wenn es im heftigen Seegang dahin gerudert werden sollte. Alsdann tritt aber im vollsten Maafse die Schwierigkeit ein, es durch die Brandung in tieferes Wasser zu bringen. Der Wagen ist gewöhnlich so eingerichtet, dafs er selbst eine Art von Helling bildet, und das Boot über die darauf befindlichen Rollen von ihm herabgleitet. Die nächste Welle hemmt jedoch seinen Lauf, und es kann alsdann nur von den theils darin befindlichen, und theils daneben stehenden Seeleuten weiter gebracht werden. Man bemüht sich, es möglichst gegen den Stofs der Wellen zurückzuhalten, und in den Zwischenzeiten, wenn das Wasser abfliefst, es mit diesem seewärts vordringen zu lassen. Bei den heftigen Schwankungen, die es in dieser Zeit erfährt, und bei hohem Seegang ist diese Arbeit nicht nur überaus mühsam, sondern auch für die Mannschaft gefährlich, und pflegt erst nach vielfachen vergeblichen Versuchen endlich zu gelingen. Besonders mufs man aber darauf Bedacht nehmen, dafs das Boot immer den Wellen zugekehrt bleibt, weil es unaufhaltsam auf den Strand geschleudert wird, sobald die Wellen es in der breiten Seite treffen.

In Pillau befindet sich ein kleiner Dragger, dessen vier Arme sich an den Schaft legen lassen, aber von selbst zurück-

Digitized by Google

schlagen, sobald sie nicht dagegen gedrückt werden. Diesen Dragger, an den ein festes dünnes Tau vorher angesteckt ist, schiefst man aus einem Mörser in die See, und wenn er auch nicht weit fliegt, so erleichtert dieses Tau, wenn es vom Boot aus angezogen wird, doch wesentlich das Ausbringen des Bootes.

In neuster Zeit werden die Stationen zu gleichem Zweck auch mit sogenannten Rettungsraketen versehn. Die Pulverladung befindet sich dabei in einer Röhre aus Eisenblech von 19 Zoll Länge und 3 Zoll Weite. Am vordern Ende derselben ist ein starker Eisenring eingesetzt, in welchen die kurze Achse eines Draggers von vier Armen eingeschroben ist. Die Röhre bildet den Schaft des Draggers, und die gegenüberstehenden Schaufeln sind in ihren äufsern Spitzen 17 Zoll von einander entfernt. Am hintern Ende der Röhre befindet sich wieder ein eingesetzter Ring, durch welchen der Zünder hindurchgreift. Hier spaltet sich die Röhre in drei Arme, die aber im Abstande von 5 Zoll sich wieder vereinigen und nunmehr den 3 Fufs langen Raketenstock bilden, der wieder aus einer hohlen Blechröhre besteht. Am Ende derselben ist eine leichte 10 Fufs lange Eisenkette befestigt, woran schliefslich die Zugleine gebunden ist. Mittelst dieser Rakete läfst sich der leichte Dragger bequem an jeder Stelle auswerfen, wo man das Boot in das Wasser schieben will.

Das Herablassen des Bootes wird augenscheinlich um so schwieriger, je schwerer es ist. Es empfiehlt sich daher, möglichst leichte Rettungsböte in solchem Fall zu benutzen, und dieses dürften vorzugsweise die nach dem System von J. Francis aus gewelltem oder cannelirtem Eisenblech erbauten Böte sein. Solche sind bei uns schon verschiedentlich für isolirte Stationen angeschafft worden, und die bei starkem Seegang gemachten Versuche ergeben, dafs sie bedeutend leichter, als hölzerne Böte von gleicher Gröfse ins Wasser zu bringen sind. Sie haben vor den letztern, namentlich auf entlegenen Stationen, noch den wesentlichen Vorzug, dafs wenn sie auch mehrere Jahre hindurch unbenutzt im Schoppen stehn, keine Fuge sich öffnet, sie also nicht undicht werden, was bei hölzernen Böten unvermeidlich ist. Ihre Unterhaltung fordert nur in längern Zwischenzeiten die Erneuung des Oel-Anstrichs. Es mufs aber noch bemerkt werden, dafs sie

Digitized by Google

sowohl vorn wie auch hinten mit grofsen Luftkasten versehn sind, woher sie beim Einschlagen der Wellen nicht untersinken, auch sich wieder von selbst aufrichten.

Bei dieser Gelegenheit mufs noch eines andern, gleichfalls zur Rettung der Mannschaft auf gestrandeten Schiffen dienenden Apparats erwähnt werden, für dessen Unterbringung sowohl in Häfen, als in einzelnen Stationen zu sorgen ist. Dieses ist der Manbysche Rettungsapparat. Derselbe besteht in einem kleinen Mörser nebst zugehörigem Wagen, und in Kugeln, die mit Oesen versehn sind. In diese Oese wird vor dem Gebrauch eine dünne und besonders feste Leine gebunden, welche in der Art ausgelegt wird, dafs sie, ohne irgend einen Widerstand zu finden, sich lösen und der Kugel folgen kann. Letztere schiefst man vom Ufer aus nach dem gestrandeten Schiff, und wenn die Leine hier gefafst ist, so wird ein stärkeres Tau angesteckt und herüber gezogen. An diesem Tau können entweder Böte zur Rettung der Mannschaft hin und her geschoben, oder auch wohl die in einer Schlinge sitzenden Leute mittelst einer zweiten Leine hinübergezogen werden. Dieser Apparat ist bereits vielfach mit gutem Erfolg benutzt, doch reifst die erste Leine nicht selten während des Schiefsens, und zwar meist in der Nähe der Kugel, auch wird diese durch die Leine sehr zurückgehalten, so dafs sie nur einige hundert Schritte weit fliegt, wenn aber der Wind etwas seitwärts steht, so wird sie stark abgelenkt.

Viel bequemer ist auch in diesem Fall die Benutzung der Raketen, die sich leichter transportiren lassen und nur eines einfachen Gestells zum Abfeuern bedürfen. Wenn sie mit der dünnen Leine auch nicht so weit, wie die Kugel fliegen, so verfolgen sie, nach manchen Versuchen, die ihnen gegebene Richtung vollständiger, und dabei tritt noch der wesentliche Vortheil ein, dafs die Leute auf dem Schiff in der Dunkelheit sehn können, wo die Leine liegt. Eben so kann man auch vom Ufer aus erkennen, in welcher Weise die Richtung der folgenden Rakete verändert werden mufs, falls die erste das Schiff nicht getroffen hat.

Von den unter der Aufsicht der Lootsen stehenden Baaken und sonstigen Signal-Vorrichtungen wird im Folgenden die Rede sein, es bleibt hier nur noch darauf aufmerksam zu machen, dafs beim Ein- und Ausbringen der Schiffe der Wasser-

Digitized by Google

stand sorgfältig zu berücksichtigen ist, um theils das Aufsetzen auf Untiefen, theils bei höherem Wasser das entbehrliche Umfahren derselben zu vermeiden. Hiernach mufs neben der Lootsenstation ein Pegel eingerichtet werden. Es ist gleichgültig, ob dieses der mit unveränderlichen Festpunkten durch ein Nivellement verbundene Hauptpegel, oder nur ein Nebenpegel ist, der mit jenem correspondirt, doch mufs er gleichfalls sicher und in der Art angebracht sein, dafs er sowohl vom Ufer, als vom Wasser aus leicht abzulesen ist.

§ 88.

Bauliche Anlagen zur Sicherung des Verkehrs.

Es bleibt noch übrig, einige bauliche Anlagen in den Häfen zu beschreiben, die zur Erleichterung und Sicherung des Verkehrs dienen. Hierher gehören zunächst die verschiedenen Treppen und Brücken, auf denen man von den Kais zu den Fahrzeugen gelangt.

In Häfen, worin kein merklicher Fluthwechsel stattfindet, sind Einrichtungen dieser Art beinahe entbehrlich, indem die Höhe des Decks mittlerer Schiffe ungefähr mit der des Kais übereinstimmt, und sonach ein bequemer Uebergang von einem zum andern sich von selbst darstellt. Auf geringe Höhenunterschiede von wenigen Fufsen kommt es dabei nicht an, indem dieselben sich leicht durch die auf den Schiffen befindlichen kleinen Treppen oder durch sonstige Unterlagen ausgleichen lassen. Es bleibt alsdann nur dafür zu sorgen, dafs man mit einiger Bequemlichkeit in Böte einsteigen kann. Zu diesem Zweck werden theils Treppen, theils aber auch Rampen angelegt, die von dem Ufer bis zum Wasser herabführen. Letztere dienen aufserdem zum Aufziehn von Böten und von Holz. Man pflegt sie daher Aufschleppen, oder mit Rücksicht auf ihren früheren Zweck oft auch Tränken zu nennen. Durch sie wird das Kai unterbrochen, und diese Unterbrechung ist um so störender, je weiter der Einschnitt sich in das Ufer hineinzieht, oder je gröfser die Niveaudifferenz zwischen dem Kai und dem niedrigsten Wasser-

Digitized by Google

stand ist, bei welchem die Treppen oder Rampen noch gebraucht werden sollen.

Die oben (§ 85) erwähnten hölzernen Ladebrücken geben oft Gelegenheit, die Treppen und vorzugsweise die Rampen darunter zu legen, so dafs die Ufereinfassung ohne Unterbrechung sich darüber fortsetzt. Der Umstand, dafs bei besonders hohem Wasserstand solche Rampen nicht mehr passirbar sind, ist meist von wenig Bedeutung, da man alsdann schon von den Ufern leichter in die Böte gelangen kann.

In Häfen, die einem starken Fluthwechsel unterworfen sind, müssen die Bootstreppen in andrer Weise eingerichtet werden, weil sonst die Unterbrechung der Kais gar zu störend sein würde. Man kann sie alsdann nur parallel zur Kaimauer und zwar in der Art anordnen, dafs die Stufen nicht vor die letztere vortreten, die Mauer vielmehr über der Treppe zurückspringt. Damit die Treppen aber durch Schiffe nicht leicht gesperrt werden, die sich vor ihnen an die Kais legen, pflegt man sie vorzugsweise in zurücktretenden Ecken oder Buchten des Hafens anzubringen. Fig. 115 auf Taf. XX zeigt, wie dieses im Hafen von Ramsgate geschehn ist. Die Treppen sind in dieser Figur mit dem Buchstaben *C* bezeichnet. Beim Hafen Kingstown, Fig. 102, sind die Treppen grofsentheils in den geraden Strecken der Kaimauern angebracht, doch werden die Schiffe hier nur selten an diese Mauern gelegt, vielmehr ankern sie in dem weiten Hafen, oder liegen vor dem Kai neben der Eisenbahn.

Diese Treppen, die bereits §§ 59 und 60 beschrieben und in den Figuren 156 und 174 dargestellt sind, haben meist nur die Breite von 3 Fufs und sind wie die Dämme oder die Ufereinfassungen, an welche sie sich anschliefsen, aus Stein oder aus Holz ausgeführt. Geländer fehlen ihnen ganz, oder es ist nur eine Eisenstange an die innere Seite als Handlehne befestigt. Auch der Einschnitt in der Mauer, der den Zugang zur Treppe bildet, ist mit keinem Geländer umgeben, da ein solches die Bewegung der Taue und Ketten hindern würde, an welchen die Schiffe geführt und gehalten werden. Um diese Einschnitte aber nicht zu weit auszudehnen, giebt man theils den Stufen starke Steigungen und schmale Auftritte, theils aber kragt man auch in der Höhe von etwa 6 Fufs über der Treppe die Mauer über, so

Digitized by Google

dafs die Oeffnungen im Kai nicht so lang sind, als die Treppen sich abwärts fortsetzen.

Aufser diesen Treppen kommen in vielen Englischen und Französischen Häfen auch Leitern vor, welche in keiner Beziehung den Schiffsverkehr behindern, aber im Gebrauch freilich noch unbequemer, als jene sind, und daher beinahe ausschliefslich nur von Seeleuten benutzt werden. Fig. 238 *a* und *b* zeigt eine solche Leiter in der Ansicht von oben und von vorn. Die Kaimauer ist mit einem 2 Fufs breiten und 1 Fufs tiefen verticalen Falz versehn, und in die Werkstücke zu beiden Seiten desselben sind die Enden der Sprossen eingelassen. Letztere bestehn gewöhnlich aus Eisenstäben, in Cherbourg hat man dagegen, um das Oxydiren zu vermeiden, Kupfer angewendet. Sie halten etwa 2 Zoll im Durchmesser und zuweilen sind sie etwas abgeplattet, um das Auftreten minder unbequem zu machen. Zur Erleichterung des Herabsteigens befindet sich gemeinhin vor der Leiter noch ein flacher Bügel, der an die Deckplatte befestigt, jedoch so geformt ist, dafs er das Uebergleiten der Taue und Ketten nicht hindert. In manchen Französischen und Englischen Häfen hat man statt der Sprossen gufseiserne Platten angebracht, welche in die Falze vertical befestigt, und mit gröfsern und kleinern Oeffnungen versehn sind, in welche man theils mit den Händen eingreift, und worin theils die Füfse gestellt werden. An die untern Ränder beider Arten von Oeffnungen sind Wulste angegossen, damit man nicht an den dünnen Platten sich zu halten oder darauf zu treten braucht.

Bei Liverpool hat man eine Landungstreppe in der Art in eine besonders starke Kaimauer gelegt, dafs diese sowohl in ihrer äufsern Fläche, als auch in dem Theil der Krone, der dem Hafen zugekehrt ist, ganz frei bleibt, also weder das Anlegen der Schiffe, noch der Verkehr dadurch behindert wird. Fig. 239 *a* und *b* deutet diese Anordnung in der Ansicht von der Stromseite und von oben an. Im landseitigen Theil der Mauer befindet sich ein abwärts geneigter überwölbter Gang von etwa 10 Fufs Breite, der theils durch die Eingangsöffnung und theils durch zwei Schachte erleuchtet wird, die oben mit Brustmauern umgeben sind. Von diesem Gange aus führen an drei verschiedenen Stellen, also in verschiedenen Höhen, horizontale Gänge von 6 Fufs Breite

Digitized by Google

nach dem Strom. Diese werden bei den verschiedenen Wasserständen zur Verbindung mit dem davor liegenden Schiff benutzt, und zwar nicht nur von den Passagieren, sondern es wird auch Vieh hier ausgesetzt, welches über die sehr flache Treppe hinaufgetrieben wird.

Die verschiedenen vorstehend beschriebenen Treppen sind jedoch keineswegs bequem zu passiren, und am wenigsten bei niedrigem Wasser, da jedes Hochwasser sie überfluthet, woher sie fortwährend nicht nur feucht, sondern gewöhnlich auch mit schlüpfrigem Schlamm überdeckt sind. Vortheilhafter ist die Anordnung, die man in neuerer Zeit vielfach angewendet hat, wobei die eigentliche Landebrücke durch ein grofses prahmartiges Fahrzeug gebildet wird, das mit dem Wasser steigt und sinkt, sich also stets an das davor liegende Dampfboot anschliefst. Die Verbindung mit dem Ufer wird aber durch eine Klappe dargestellt, die so lang ist, dafs sie selbst beim niedrigsten Wasserstand nur eine mäfsige Neigung annimmt und daher für leichte Wagen immer fahrbar bleibt. Die Reisenden fahren also bis an das Dampfboot und brauchen keine Treppe auf- oder abzusteigen. Diese Einrichtung läfst sich jedoch nur im innern Hafen, oder an solchen Uferstellen treffen, vor denen ein besonders heftiger Wellenschlag nicht stattfindet, weil es sonst unmöglich sein würde, die grofse schwimmende Landebrücke zu halten.

Von einer Anlage dieser Art ist bereits bei Gelegenheit des Hafens Holyhead (§ 66) die Rede gewesen. In Liverpool bestand eine solche schon im Jahre 1852, die nicht nur in grofsen Dimensionen ausgeführt ist, sondern auch ziemlich frei in dem Mersey liegt, also zuweilen von nicht unbedeutenden Wellen getroffen wird. Sie befindet sich am George's Kai, der Bank gegenüber. Die Brücke selbst besteht aus einer hölzernen Plattform von etwa 500 Fufs Länge und 80 Fufs Breite, die vielleicht von dreifsig eisernen Prahmen getragen wird. Letztere treten auf der dem Ufer zugekehrten Seite noch über sie hinaus, um das Gewicht der beiden Rampen aufzuheben, welche die Brücke hier belasten, indem sie auf starken eisernen Achsen ruhn. In gleicher Weise werden die Rampen auch durch solche Achsen auf den massiven Brückenköpfen gefafst. Bei den verschiedenen Wasserständen, die sich 32 Fufs über den niedrigsten Stand erheben, nehmen die

Digitized by Google

beiden Rampen sehr verschiedene Neigungen an, doch bleiben diese immer so mäfsig, dafs leichte Wagen stets darüber fahren können. Dabei entfernt und nähert sich die Brücke dem Ufer und ist in der Art durch Ketten gehalten, dafs sie diese Bewegungen machen kann, ohne ihre Lage vor dem Brückenkopf zu verlassen.

Von den beiden Rampen dient eine für die Wagen und Fufsgänger, die sich vom Ufer nach der Brücke bewegen, die andere für die Zurückgehenden. Jede ist 150 Fufs lang und besteht aus einem Fahrwege in der Mitte von $9\frac{1}{2}$ Fufs und zwei Trottoirs an den Seiten von $4\frac{1}{2}$ Fufs Breite. Zwischen diesen Wegen liegen jedesmal die beiden Blechträger, die 2 Fufs breit, und in der Mitte 10 Fufs, an den Enden aber nur 6 Fufs hoch sind. Sie treten in ihrer ganzen Höhe über die Rampen vor, letztere sind durch eiserne Querbalken daran gehängt. In der Mitte jeder Rampe sind beide Träger durch einen bogenförmigen Blechkasten, der aufwärts gekrümmt ist, mit einander verbunden. An den Enden ruht, wie erwähnt, jede Rampe auf horizontalen starken eisernen Achsen, und dreht sich etwas um diese, sobald sie in Folge des wechselnden Wasserstandes ihre Neigung verändert. Indem jedoch die erwähnten Seitenketten nicht scharf gespannt sein dürfen, weil sie in diesem Fall die weitere Entfernung der Brücke vom Ufer verhindern würden, so treten auch Seitenbewegungen ein. Damit diese aber nicht etwa die Rampen aus den festen Achsen heben, oder sonstige Beschädigungen veranlassen, so ruht jede der vier Achsen auf einer Drehscheibe, und durch die starken Zapfen der letztern wird vorzugsweise die Lage der Brücke gesichert. Bei besonders hohen Wasserständen ist die Rampe nach dem Ufer geneigt, bei niedrigem Wasser dagegen nach der schwimmenden Brücke, und im letzten Fall beträgt die Neigung zuweilen 20 Zoll auf die Ruthe.

Diese Landebrücke, welche 1845 von W. Cubitt erbaut wurde, ist wohl die erste ihrer Art. Sie wird vorzugsweise von den Dampfböten benutzt, welche den Verkehr mit Birkenhead und andern Orten in Cheshire vermitteln*). Die Rampen hatten,

*) Etwas detaillirtere Beschreibungen und Zeichnungen dieser Anlage findet man sowohl in S. Rennie's theory etc. of harbours pag. 217,

Digitized by Google

als ich sie sah, sich merklich durchgebogen, ich schätzte die Durchbiegung in der Mitte auf etwa 4 Zoll.

Die Landebrücke bei Birkenhead war 1852 in sofern sehr eigenthümlich construirt, als sie im äufsern Theil auf zwei Prahmen ruhte, weiter landwärts aber von einer grofsen Anzahl Räder getragen wurde, die auf einer Eisenbahn liefen. Letztere war im Verhältnifs von 1 zu 15 gegen den Horizont geneigt. Der Raum zwischen den Schienen war gepflastert und bildete den Zugang zur Brücke. Diese mufste aber wegen des wechselnden Wasserstandes beim Anfahren jedes Boots verstellt werden. Bei der Ebbe liefs man sie mittelst einer Bremse herab, bei der Fluth mufste dagegen eine kleine Dampfmaschine in Gang gesetzt werden, um sie herauf zu ziehn.

Im Hafen Great-Grimsby, wo der durch Accumulatoren verstärkte Wasserdruck nicht nur zum Betriebe der Krahne und zum Heben der Kohlenwagen, sondern auch zum Oeffnen und Schliefsen der Schütze in den Umläufen der grofsen Schleuse, so wie zum Drehn der Schleusenthore benutzt wird, verwendet man denselben auch zum Heben und Senken eines grofsen Aufzugs, welcher die Landungsbrücke bildet. Sobald ein Dampfboot anlegt, senkt sich diese bis zum Deck des Schiffs herab, und wenn die Passagiere mit ihrem Gepäck sich darauf befinden, steigt sie zum Kai auf, woselbst die Wagen stehn, welche die Reisenden weiter befördern.

Es sind ferner die Vorrichtungen zum Befrachten und Löschen der Schiffe zu erwähnen. Hierzu dienen die Krahne, die in manchen Häfen an den Ufern stehn. Dieselben werden jedoch im Allgemeinen nur zum Heben besonders schwerer Stücke benutzt, wenn sie nicht vielleicht durch eine starke Betriebskraft in Bewegung gesetzt werden, die eine sehr schnelle Förderung gestattet. Die Seeschiffe sind jedesmal vermöge der Masten und Gaffeln, sowie auch der vielen vorhandenen Takel oder Flaschenzüge, mit den nöthigen Apparaten versehn, um schwere Stücke aus dem Raum zu heben, oder in denselben herabzulassen, und

---

wie auch in Förster's allgemeiner Bauzeitung 1850, Seite 221. Die vorstehend angegebenen Dimensionen, die ich gemessen hatte, schliefsen sich an die in diesen Beschreibungen mitgetheilten nahe an.

Digitized by Google

wenn vielfach Stückgüter verladen werden, so pflegt auch der Ladebaum nie zu fehlen, während die zum Gütertransport bestimmten Dampfschiffe in neuerer Zeit noch gewöhnlich mit zwei kleinen Dampfmaschinen versehn sind, die nur zur Bewegung der beiden an Bord befindlichen Krahne dienen. Um die letztern möglichst ohne Aufenthalt wirken zu lassen, befindet sich noch im Raum eine Eisenbahn, auf der die durch die Luke herabsinkenden Güter sogleich an die passende Stelle geführt und daselbst verstaut werden. Bei solchen Einrichtungen, die in überraschender Weise die Aufnahme, wie die Abgabe der Güter beschleunigen, sind die Krahne am Ufer zuweilen entbehrlich. Ein grofser Theil der Handelsschiffe und selbst der Dampfschiffe ist jedoch hiermit nicht versehn, und sonach gehören Dampf- oder andre Krahne oft zu den nothwendigen Anstalten in einem Hafen. Welche vielfache Anwendung die locomobilen Dampfkrahne in den Häfen finden, und wie sehr sie den Verkehr erleichtern und beschleunigen, sieht man sehr auffallend in dem neuen Sandthor-Hafen in Hamburg, wo eine grofse Anzahl solcher in fortwährender Thätigkeit ist.

Die Beschreibung der sehr verschiedenen Arten der Krahne darf hier umgangen werden, und es ist nur auf den in neuster Zeit vielfach in Anwendung gekommenen hydraulischen Krahn aufmerksam zu machen, der von Armstrong angegeben wurde. Obwohl derselbe zu seinem Betrieb einer Dampfmaschine bedarf, die den sehr starken Wasserdruck dauernd darstellt, so wirkt letzterer, während der Krahn in Thätigkeit ist, mit viel gröfserer Energie, als wenn die Dampfmaschine unmittelbar benutzt würde. Mit der Geschwindigkeit von etwa 6 Fufs erheben sich die schweren Kollis, und ebenso schnell werden sie beim Drehn des Auslegers seitwärts bewegt und herabgelassen. Diese Bewegungen regulirt ein einzelner Mann mittelst zweier Hebel. In Englischen Häfen benutzt man hierzu gemeinhin einen invaliden Seemann, der jedoch seine Arme noch kräftig gebrauchen und die Hebel bewegen kann. Die Vorrichtung gewährt noch den Vortheil, dafs die Dampfmaschine in weiter Entfernung arbeitet, also die Magazine, in welche vielleicht feuergefährliche Güter verladen werden, keiner Gefahr ausgesetzt sind. Besonders bequem ist die Benutzung dieser Krahne, wenn sie die Kollis unmittelbar auf Eisen-

Digitized by Google

bahnwagen absetzen, die entweder auf dem Kai aufgestellt sind, oder auf Bahnen innerhalb der weit ausgedehnten Magazine stehn. Diese Bahnen befinden sich aber nicht nur in den untern Räumen, sondern auch eine und wohl zwei Treppen hoch, und indem die Thüren, die auf der innern Seite mit Schienen versehn sind, nach aufsen umschlagen, so bilden sie Verlängerungen der Bahnen bis auserhalb der Gebäude. Einrichtungen solcher Art bestehn in dem Hafen Geestemünde.

Es mögen hier noch einige Vorrichtungen bezeichnet werden, welche zum Verladen grofser, loser Massen und namentlich der Steinkohlen dienen. Dabei kommt es aber nicht allein darauf an, die Handarbeit möglichst zu umgehn, um die Kosten für das Umladen zu ersparen, sondern man mufs auch das Herabstürzen der Kohlen aus grofser Höhe vermeiden, weil dieselben dabei zerbrechen und an Werth verlieren.

Oft ist der Eisenbahnstrang parallel zur Kaimauer gerichtet und befindet sich neben dem äufsern Rande derselben. In dem Flufshafen bei Saarbrücken sind grofse massive Trichter unmittelbar darunter angebracht, die auf der Hafenseite ausmünden und mittelst beweglicher eiserner Rinnen die aus dem Wagen hineinfallenden Kohlen in die Schiffe führen. Damit die Kohlen aber nicht beim Herabstürzen leiden, so hat man noch Schütze in den untern Mündungen der Trichter angebracht, wodurch die zuerst herabfallenden Kohlen darin zurückgehalten und die Sturzhöhe der folgenden vermindert wird. Die in kleinen Wagen (Hunden) unmittelbar aus den Gruben beigefahrenen Kohlen werden dagegen an andern Stellen in der Art verladen, dass die Wagen über Drehscheiben auf kurze geneigte Bahnen treten, die nach den verschiedenen Wasserständen mehr oder weniger gesenkt werden können, und von diesen aus werden die Wagen nahe über den Schiffen umgestürzt.

Die in Ruhrort bestehenden Sturz-Vorrichtungen sind von jenen erstern nicht wesentlich verschieden, nur forderte theils die grofse Höhe der Bahn über dem niedrigsten Wasser und theils der sehr bedeutende Wechsel des Wasserstandes manche Aenderung. Die Trichter wie die Rüstungen bestehn aus Holz, die gleichfalls hölzernen Rinnen sind aber aus zwei Theilen zusammengesetzt, die in einander geschoben werden können, woher

Digitized by Google

die Rinnen unter Beibehaltung derselben Neigung nach Bedürfniss sich verlängern und verkürzen lassen.

In Seehäfen, wo die Kais sich gemeinhin nicht hoch über die Schiffe erheben und gewöhnlich sogar unter der Bordhöhe der letztern bleiben, sind Einrichtungen dieser Art nicht anwendbar. Man benutzt jedoch hier zuweilen Rinnen, die von der Mauer in den Schiffsraum reichen, und auf denen man die auf das Kai verstürzten Kohlen herabschiebt. In Glasgow sah ich Rinnen dieser Art, welche sehr sicher befestigt, und dennoch durch einige Arbeiter leicht verstellt werden konnten. Fig. 240 zeigt eine solche in der Seitenansicht. Eine Schiene, der Brück- oder Vignolschiene ähnlich, jedoch von gröfseren Dimensionen, ist am Rand der Kaimauer befestigt. Zwei starke Eisenstangen, sowohl oben, wie unten mit gufseisernen Rollen versehn, hängen an dieser Schiene, indem die obern auf schräge Achsen aufgesteckten Rollen über sie hinübergreifen, während die untern Rollen sich um senkrechte Achsen drehn und etwa 6 Fufs unter der Krone der Mauer sich gegen die letztere lehnen. Beide Stangen sind in 8 Fufs Abstand durch zwei eiserne Riegel und zwei sich durchkreuzende Bänder mit einander verbunden. Hierdurch bildet sich ein verticaler Rahmen, der nur mit den vier Rollen, die etwa 9 Zoll im Durchmesser halten, getragen und gestützt wird. Mit jeder dieser Stangen ist ein eiserner Krahn verbunden, der sich auch rückwärts über die Kaimauer drehn läfst. An diesen hängt die eiserne Rinne, die sich mit dem hintern Ende an jene Schiene anlehnt, und mittelst der Krahne beliebig hoch gestellt werden kann, so dafs die hineingeschobenen Kohlen in die Luken der Schiffe fallen.

Bei dieser Art des Verladens wird der Eisenbahnwagen auf dem Kai umgestürzt oder durch Oeffnen der Bodenklappe entleert, die herabfallende Kohle mufs also noch bis zur Rinne durch Handarbeit geschoben werden. Letzteres läfst sich vermeiden, wenn die Bahn normal oder schräge gegen das Ufer gerichtet ist, und entweder durch ihre Verlängerung oder in andrer Weise die beladenen Kohlen bis über das Schiff gebracht werden. In neuerer Zeit ist es üblich, breite Piers, worauf mehrere Stränge liegen, in den Hafen zu führen, die Stränge aber noch seitwärts zu spalten, so dafs nicht nur vor dem Kopf eines Piers, sondern

Digitized by Google

gleichzeitig auch die zu beiden Seiten desselben liegenden Schiffe beladen werden können. Wenn die Localität es erlaubt, so stehn diese Stränge nur durch Weichen mit der Hauptbahn in Verbindung, doch oft ist dieses nicht möglich, und man mufs in solchem Fall den zur Ladestelle führenden Strang mittelst einer Drehscheibe abzweigen.

In Great-Grimsby, wo grofse Kohlenmassen nach den nördlichen Häfen verladen werden, trat bei solcher Abzweigung noch die Schwierigkeit ein, dafs die zum Ufer des Docks parallel gerichtete Bahn nicht hoch genug lag, um die Kohlen unmittelbar in die Schiffe verstürzen zu können. Man hatte daher die Zweigbahn etwa 5 Fufs höher gelegt und die Einrichtung getroffen, dafs die Wagen beim Uebergange auf die letztere nicht nur gedreht, sondern zugleich auch gehoben wurden. Die Drehscheibe oder Hebebühne hing mittelst vier Stangen, die über dem Wagen noch durch ein Kreuz gegen einander abgespreizt waren, an einer Kolbenstange, die durch Wasserdruck gehoben wurde. An zwei gegenüberstehenden Seiten griffen aber zahnartige Einschnitte der Scheibe in gekrümmte Stangen ein, die Schraubengewinde von sehr starker Steigung darstellten, und dadurch der Scheibe mit dem Wagen die nöthige Drehung gaben. Sobald der Wagen die volle Höhe erreicht hatte, so war auch die Drehung um einen Quadrant erfolgt, und das Geleise auf der Scheibe schlofs sich nunmehr an dasjenige an, auf welchem der Wagen über das Kai hinaus geschoben werden konnte. Beim Herabfahren drehte sich der Wagen im entgegengesetzten Sinn, so dafs er wieder auf das untere Geleise traf. Um den zum Heben des Wagens erforderlichen Wasserdruck, oder den Querschnitt des Kolbens, auf den derselbe wirkte, möglichst zu beschränken, war über zwei Rollen noch eine Kette gezogen, an der ein Gegengewicht hing, welche das Gewicht des leeren Wagens und der Scheibe beinahe aufhob.

Zuweilen sind die Kohlenwagen mit Bodenklappen versehn, und sie entleeren sich, sobald diese geöffnet werden. Alsdann mufs aber der Kasten, worin die Ladung liegt, trichterförmig geformt sein, und indem man die Achsen nicht zu weit auseinander stellen mag, also die Länge der Bodenöffnung beschränkt ist, so wird ein solcher Wagen bei gleicher Ladungsfähigkeit

Digitized by Google

höher, als ein andrer, der mit festem Boden versehn ist. Die bei Erdtransporten übliche Einrichtung, dafs nämlich der Kasten, worin die Ladung sich befindet, seitwärts oder nach vorn umschlägt, während das Gestell des Wagens mit den Rädern seine Lage unverändert beibehält, kommt beim Verladen der Kohlen nicht vor, weil hier die Entladung an einer bestimmten Stelle erfolgt und es daher vortheilhafter ist, die Eisenbahn mit der Kippvorrichtung zu versehn, als jeden einzelnen Wagen. Letztere bleiben daher bedeutend leichter.

Der äufserste Theil der Eisenbahn, und zwar in der Länge eines Wagens, befindet sich alsdann auf einer Klappe, die nach vorn übergeneigt werden kann. Dieses geschieht entweder, indem sie vorn an Ketten hängt, die durch Gegengewichte gespannt sind, während sie durch ein Charnier mit der festen Bahn verbunden ist, oder man hängt sie auch, wie im Schottischen Hafen Ardrossan geschehn war, an eine horizontale Querachse, unter welcher der beladene Wagen steht. Am hintern Ende der Klappe befinden sich zwei Hebel, mittelst deren man dieselbe zugleich mit dem Wagen stark überneigt. Die vordere Wand des Laderaums auf dem Wagen wurde aber durch Zurückschlagen eines Hakens zuvor gelöst, damit sie das Ausfallen der Kohlen nicht behinderte.

Jedenfalls mufs bei dieser Einrichtung dafür gesorgt werden, dafs der Wagen nicht selbst herabläuft, und dieses geschieht dadurch, dafs man die Schienen am Ende des Geleises aufwärts biegt, und zwar gemeinhin in vollen Halbkreisen, welche der Krümmung der Räder entsprechen. In Ardrossan verlängerten sich die Schienen noch weiter, nämlich bis zu der erwähnten Achse, so dafs sie zugleich als Tragestangen für die Klappe dienten, und letztere nur noch rückwärts an zwei andre Stangen gehängt werden durfte. Es mufs erwähnt werden, dafs in diesem Fall auch der anstofsende Theil des Geleises nach Maafsgabe der Bordhöhe des zu befrachtenden Schiffs flacher und steiler gestellt werden konnte, indem die nächsten Riegel der hölzernen Rüstung, worauf das Geleise lag, sich heben und senken liefsen.

In den Englischen Häfen in der Nähe der Mündung der Tyne sieht man vielfach eigenthümliche Vorrichtungen zum Verladen der Kohlen. Dieselben sind zwar in sofern unter sich ver-

Digitized by Google

schieden, als sie bald aus Holz und bald aus Eisen bestehn, auch der bewegliche Rahmen bald durch ein Getriebe mit Bremsrad, und bald durch Ketten zurückgehalten wird, nichts desto weniger stimmen sie darin überein, dafs der mit Kohlen beladene Wagen, auf einer hängenden Bühne stehend, welche die Fortsetzung der Eisenbahn bildet, von dem hohen Ufer bis nahe über das Deck des Schiffs herabgelassen wird. Man nennt diese Vorrichtungen Drops, und das Eigenthümliche derselben besteht darin, dafs sowohl das Niedergehn der Wagen, als das Ansteigen derselben nur mittelst einer Bremse regulirt wird. Es sind dabei in verschiedener Weise Gegengewichte angebracht, die man so abgeglichen hat, dafs sie den leeren Wagen heben, dem gefüllten aber nicht das Gleichgewicht halten, also diesen herabsinken lassen.

Fig. 241 zeigt eine Vorrichtung dieser Art, die ich in Sunderland sah. Zwei gufseiserne Rahmen von etwa 30 Fufs Länge sind durch verschiedene Riegel und Kreuzbänder in solchem Abstand unter sich verbunden, dafs der Kohlenwagen dazwischen Platz findet. Sie ruhn auf einer starken gemeinschaftlichen Achse *A*, die etwa 10 Fufs über dem Kai durch sie hindurch gezogen ist. Am Ende der längern Arme befindet sich eine zweite Achse *B*, woran die Bühne hängt, auf welcher der Wagen steht. Eine dritte Achse *C* verbindet endlich die kürzeren Schenkel und trägt zugleich das Gegengewicht. Alle drei Achsen sind nicht nur einander parallel, sondern liegen auch in derselben Ebene, woher das Verhältnifs zwischen Gewicht und Gegengewicht bei jeder Stellung der Rahmen dasselbe bleibt. An die kürzern Schenkel der Rahmen sind gezahnte Quadranten angegossen, die in zwei Getriebe eingreifen. Diese sind wieder auf eine gemeinschaftliche Achse befestigt, und in der Mitte der letztern befindet sich ein starkes Bremsrad *D*. Die Bremse, welche dieses umfafst, wird durch einen Hebel gelöst oder angezogen.

Sobald der beladene Wagen von dem hohen Ufer über die Rüstung fort bis auf die Hängebühne geschoben und hier festgestellt ist, so löst man die Bremse, worauf in Folge des Uebergewichts, welches die Ladung veranlafst, beide Rahmen sich um die Achse *A* drehn und die in punktirten Linien angedeutete Stellung einnehmen. Die Bühne mit dem Wagen senkt sich dabei

Digitized by Google

bis nahe über das Deck des zu befrachtenden Schiffs. Von dem letztern aus wird der Haken zurückgeschlagen, der den Boden des Kohlenkastens bisher geschlossen hielt, und nunmehr stürzen die Kohlen hinaus. Ist dieses geschehn, so wird die Bremse aufs Neue gelöst, und indem die obere Achse *B* jetzt weniger belastet ist, so gehn die Rahmen in ihre frühere Stellung zurück. Der leere Wagen wird abgeschoben und ein zweiter gefüllter an seine Stelle gebracht. Es mufs noch bemerkt werden, dafs diese Wagen gewöhnlich mit einem Chaldron oder 53 Centner Kohlen beladen sind.

Ein andrer Handelsartikel, der in neuster Zeit in zahlreichen Schiffsladungen zugeführt wird, fordert gleichfalls besondere bauliche Anlagen, nicht etwa zum bequemen und schnellen Verladen, wie die Kohlen, sondern um die übrigen im Hafen liegenden Schiffe gegen Feuersgefahr zu sichern. Dieses ist das Petroleum. Wenn dasselbe heutiges Tages auch nicht mehr im natürlichen Zustand, wie es in Nord-Amerika und anderweit aus dem Boden quillt, versandt wird, sondern vorher schon etwas gereinigt ist, so dafs die brennbaren Dämpfe nicht mehr bei 15, sondern erst bei 35 bis 40 Centesimal-Graden sich entwickeln, so ist dennoch die Gefahr einer zufälligen Entzündung keineswegs beseitigt. Tritt diese aber ein, so ist jeder Versuch, das Feuer zu löschen, vergeblich. Die brennende Masse verbreitet sich, indem sie leichter als das Wasser ist, über weite Flächen, während die Flamme zu grofser Höhe ansteigt und eine Alles verzehrende Gluth verbreitet. Es bleibt nur übrig, durch sichere Umschliefsung die Zerstörung auf einen gewissen Raum zu beschränken, doch läfst sich dieses beim Ausbruch eines Brandes im Hafen nicht thun, es mufs schon vorher dafür gesorgt sein.

In Häfen, wo vorher Vorkehrungen dieser Art nicht getroffen waren, blieb nur übrig, die Petroleumschiffe möglichst weit von den übrigen entfernt zu legen, wo jedoch dieser Artikel in grofser Masse eingeführt wird, ist es nothwendig, dafür einen besondern sicher abgeschlofsnen Hafen zu erbauen. In Geestemünde ist dieses bereits geschehn und in Pillau ist (§ 53) die Anlage eines solchen in der Ausführung begriffen.

Um zu zeigen, wie furchtbar Brände dieser Art sind, welche bereits mehrfach in fremden Häfen stattgefunden haben, mag

Digitized by Google

zunächst ein Versuch erwähnt werden, der im Marseiller Hafen gemacht wurde. Man umschlofs einen quadratischen Raum von 38 Zoll Seite durch hinreichend tief schwimmende Wände, und gofs Petroleum so reichlich ein, dafs es eine 2 Fufs starke Schicht bildete. Als man dieselbe entzündete, hatte die Flamme die Höhe von etwa 10 Fufs. Es war aber keineswegs ein ruhiger Brand, vielmehr traten vielfach Explosionen ein, wobei die Gluth sich verstärkte und das brennende Petroleum umher geschleudert wurde. Dieses geschah bis auf Entfernungen von etwa 20 Fufs. Je mehr die Masse sich erhitzte, um so mehr erhöhte sich die Flamme, und als endlich die Schicht nur noch geringe Dicke hatte, kochte dieselbe und die Flamme erhob sich gegen 50 Fufs.

In dem Hafen von Marseille kam einst (in der Nacht vom 25. zum 26. April 1872) eine kleine mit Petroleum beladene Italienische Yacht zufällig in Brand, wahrscheinlich durch Unvorsichtigkeit der Mannschaft in der Cajüte oder im Volkslogis. Am Tage vorher war Petroleum etwa in 20 000 Blechkisten eingenommen, die, scharf an einander geschoben, 8 Schichten hoch den Raum füllten. Gegen Mitternacht wurde das Feuer bemerkt und von einem daneben ankernden Schiffe aus wurde sogleich Mannschaft hinübergeschickt, die durch Einschlagen der Wand die Yacht versenken sollte. Das Wasser füllte dabei freilich den Raum, aber bei der dichten Stauung der Blechkisten trat so wenig Wasser ein, dafs das Schiff auf der Ladung schwamm, indem es nur etwas tiefer eintauchte. Als bald darauf die Beamten hinzukamen, wurde das Schiff aus diesem Hafenbassin in das daneben liegende gebracht, welches westwärts mit der See in Verbindung steht, und ganz frei war, während im ersten Bassin mehrere andre Schiffe und unter diesen auch ein grofser Dreimaster mit einer Ladung Petroleum lag. Man setzte das Schiff sogleich auf den Grund.

Der Brand dauerte fort und als das Deck zusammenbrach, schwammen die sämmtlichen Kisten auf, ohne sich von einander zu trennen. In der obern Lage, die über Wasser trat, schmolz die Löthung und nunmehr flofs aus diesen das brennende Petroleum aus und überdeckte das ganze Bassin, während die Flamme sich gegen 50 Fufs erhob. Glücklicher Weise war der Wind

Digitized by Google

östlich und in Folge dessen fand der Abfluſs nach der See statt, so daſs das daneben befindliche Bassin verschont blieb.

Gegen 6 Uhr morgens erlosch der Brand, indem die geleerten Kisten die darunter befindlichen unter das Wasser herabdrückten und deren Zerstörung verhinderten. In dieser Weise wurde noch mehr als die Hälfte der Ladung gerettet.*)

Es ist nicht zu verkennen, daſs die Zerstörung viel gröſser geworden und die daneben liegenden Schiffe kaum zu retten gewesen wären, wenn die brennende Yacht nicht fortgebracht werden konnte, bevor das Petroleum in grofser Masse daraus ausfloſs. Jedenfalls ergiebt sich aber hieraus, welche Gefahren bei dem Verkehr mit Petroleum eintreten, und wie sehr dabei jede Vorsicht geboten ist.

Die Entzündung erfolgt nicht nur, wenn die flüssige Masse selbst mit einer Flamme oder einem glühenden Körper in Berührung gebracht wird, vielmehr fangen schon die Dämpfe Feuer, die bei den erwähnten mäſsigen Temperaturen sich entwickeln. Die Dampfbildung erfolgt aber in geringerem Maafse schon viel früher durch das allmälige Verdunsten, also in Fässern, die nicht vollständig gefüllt oder ganz leer sind, oder auch auf Körpern, die mit Petroleum nur benetzt waren.

Besonders gefahrdrohend für Häfen ist die Eigenschaft des Petroleums, daſs dasselbe nicht erlischt, wenn es brennend auf das Wasser flieſst. Dasselbe findet freilich auch bei stark erhitzten andern Oelen statt. Bei dem grofsen Speicherbrande in Königsberg 1811 floſs das Leinöl brennend in den Pregel und brannte auf dem Wasser kurze Zeit hindurch weiter. Beim Petroleum geschieht dieses aber in viel höherem Maafse. Nach den bei Pillau angestellten Versuchen**) flieſst dasselbe durch eine $4^1/_2$ Linien (1 Centimeter) weite Fuge noch brennend aus, und erlischt auf ruhigem Wasser noch nicht, wenn es auch nur eine Schicht von $^1/_2$ Linie (1 Millimeter) Dicke bildet. Es ergiebt sich hieraus, daſs der Verschluſs eines Petroleumhafens

*) Diese Notizen sind entnommen einer Mittheilung von Barret, die in der Niederländischen Tijdschrift van het Kon. Instituut van Ingenieurs 1874—1875 pag. 53 wiedergegeben ist.

**) Deutsche Bauzeitung 1878. Seite 297.

Digitized by Google

ziemlich scharf sein mufs, und keine weiten Fugen offen bleiben dürfen.

Dafs ein solcher Hafen massive Ufereinfassungen erhalten mufs, bedarf kaum der Erwähnung, aber um die Fachbäume der Spundwände zu sichern, dürfen auch diese nicht über den niedrigsten Wasserstand hinaustreten. Wichtiger ist die Frage, in welcher Weise die Mündung des Hafens geschlossen werden soll. Jedenfalls ist es entbehrlich, den Verschlufs bis zur Sohle auszudehnen, es kommt nur darauf an, in der Höhe des Wasserspiegels ihn darzustellen, und es ist in mehrfacher Beziehung sogar vortheilhaft, wenn unten die Verbindung frei bleibt, also der Wasserstand sich immer ausgleichen kann.

In diesem Sinn hat man auch in Geestemünde statt eines bis zur Schwelle herab reichenden Thors ein Ponton, oder ein ringsum abgeschlofsnes Prisma aus Eisenblech gewählt, das etwa 5 Fufs breit und 4 Fufs hoch ist, und von dem sowohl auf- wie abwärts 2 Fufs hohe Eisenbleche ausgehn, so dafs der Abschlufs auf 6 Fufs Höhe zur Hälfte über, und zur Hälfte unter Wasser sich erstreckt. Dieses Ponton ist 46½ Fufs lang und schliefst die Mündung des Petroleumhafens, es ist aber noch an beiden Seiten mit nahe 2 Fufs breit vortretenden Steven versehn, die in Falze der Mauern eingreifen. Dieselben mufsten diese bedeutende Breite erhalten, weil die Seitenmauern nicht lothrechte sondern schräge Flächen bildeten, die im Verhältnifs von 1 : 12 geneigt waren. Man hat das Ponton aufserdem mit vier Zwischenwänden versehn, damit, wenn irgendwo ein Leck sich bilden sollte, es noch auf vier Zellen schwimmt.

Um dieses Ponton einzuschieben, ist der Mauerfalz auf einer Seite nicht mit einer festen Backe versehn, vielmehr wird diese durch ein 19 Fufs hohes, aber nur 20 Zoll breites eisernes Thor ersetzt, das wie ein Schleusenthor um eine eiserne Wendesäule sich dreht und durch einen rückwärts gekehrten Hebel geöffnet oder wieder an den Steven des Pontons gedreht wird, wenn die Oeffnung geschlossen oder frei werden soll.

Die maafsgebenden Bedingungen für diese schwimmenden Thore dürften sein:

1. Der möglichst dichte Schlufs gegen das Ausfliefsen des auf dem Wasser schwimmenden Petroleums. Das Niveau desselben

Digitized by Google

erhebt sich über das Niveau des Wassers an der andern Seite des Thors. Letzteres wird daher nach aussen gedrückt,*) und um diesen Druck zur Bildung des dichten Abschlusses zu benutzen, mufs das Thor sich mit dem Steven, oder in andrer Weise gegen eine möglichst ebene, vielleicht durch Schienen verkleidete Backe der Mauerfalze lehnen. Es kann dabei wie ein Schleusenthor sich um eine verticale Achse drehn, doch mufs es jedenfalls nach der Seite des Petroleumhafens aufschlagen. Der Druck, dem es ausgesetzt ist, selbst bei sehr weiten Oeffnungen, bleibt immer so unbedeutend, dafs eine Zerlegung des Pontons in zwei Flügel, die wie Schleusenthore gegen einander stemmen, entbehrlich ist.

2. Dieses Thor mufs möglichst schnell zu öffnen und eben so schnell und zwar ganz sicher auch wieder zu schliefsen sein. In den Petroleumhäfen werden die sämmtlichen einkommenden betreffenden Schiffe und aufserdem auch die Lichter verlegt, welche die Ladung landeinwärts bringen sollen. Zu Zeiten befinden sich also mehrere und vielleicht sogar eine grofse Anzahl solcher Fahrzeuge im Hafen. Bricht aber in einem ein Brand aus, so kommt es darauf an, die andern zu retten, so lange dieses noch möglich ist. Die Hafenmündung mufs also schleunigst geöffnet, aber unbedingt wieder geschlossen werden können, sobald das brennende Petroleum überzufliefsen droht. Ein Thor, das wie ein Pontonthor in Mauerfalze eingeschoben wird, ist hierzu nicht geeignet,

---

*) Das specifische Gewicht des Petroleums sei $= n$, und die Dicke der Schicht, die es bildet $= b$. Wenn D den Druck bezeichnet, den es gegen die Wand ausübt, und x die Tiefe unter der Oberfläche, so ist

$$dD = nx \,.\, dx$$
$$D = {}^1/_2 n\, b^2$$

Auf der andern Seite der Wand mifst die Höhe des Wasserstandes über der Grundfläche der Petroleumschicht nur nb, wenn also die x wieder von der Oberfläche ab zählen, so ist hier

$$dD' = x\, dx$$

und das Integral bis $x = nb$ genommen, giebt

$$D' = {}^1/_2 n^2 b^2$$

Die beiderseitigen Pressungen verhalten sich also umgekehrt wie die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten. Die weiter abwärts befindlichen Wasserschichten üben von beiden Seiten gleichen Druck aus, der Ueberdruck ist also allein von der Höhe der Petroleumschicht abhängig.

Digitized by Google

weil dieses nicht schnell genug geschehn kann, die Drehung um eine Achse ist vielmehr nothwendig. Wenn aber, wie ganz angemessen, das Thor mit dem Wasserstande sich hebt und senkt, so mufs die feste Drehungsachse, eine starke eiserne Stange, so hoch sein, dafs sie alle hier vorkommenden Wasserstände umfafst, das Auge, in welches sie eingreift, mufs aber hinreichenden Spielraum haben, dafs der feste Anschlufs gegen den vortretenden Mauerrand oder gegen die Schiene auf demselben sich darstellen kann. Aufserdem wird man auch wohlthun, auf beiden Seiten durch Ketten für ein scharfes Anziehn des Thors zu sorgen, da der Druck des Petroleums, wenn es nur eine dünne Schicht bildet, nicht bedeutend ist.

In diesen Hafen werden nicht nur die betreffenden Schiffe gelegt, sondern darin erfolgt auch das Verladen in die Magazine. Letztere müssen also unmittelbar daneben eingerichtet sein. Barret sagt, nach den in Frankreich gemachten Erfahrungen kommen Entzündungen häufiger beim Ein- und Ausbringen der Fässer vor, als wenn diese im Schiffsraum liegen.

In den Magazinen werden die Fässer zwischen hölzernen Rüstungen unmittelbar neben einander in mehreren Lagen über einander gelegt, in Marseille geschieht dieses sogar in acht Lagen. Statt der hölzernen, eiserne Rüstungen zu wählen, soll ohne Nutzen sein, da bei einem Brande des Magazins in einer halben Stunde Gufseisen schmilzt, und gewalztes Eisen weifsglühend wird und zusammenfällt. Wichtig ist es aber, dafs, wie in Antwerpen geschehn, das ganze Magazin rings umher von festen Mauern oder kräftigen Erddämmen in solcher Höhe eingeschlossen wird, dafs, wenn auch das gesammte darin lagernde Petroleum aus den Fässern ausfliefsen sollte, es nirgend einen Ausweg findet. Hieraus ergiebt sich schon, dafs das Magazin tiefer liegen mufs, als das Kai, welches dasselbe von dem Hafen trennt. Da aber auf das Kai auch zuweilen Petroleumfässer gelegt werden, also auch diese in Brand gerathen können, so ist dafür zu sorgen, dafs von hier kein Abflufs nach dem Hafen erfolgen kann. Man neigt daher die Decklage des Kais landwärts, oder giebt ihr auf der Hafenseite einen erhöhten Rand, und stellt nach einer Vertiefung in der Nähe, wohin die brennende Masse geleitet werden kann, einen Abflufs dar.

Digitized by Google

Endlich ist zu erwähnen, dafs Barret noch von Umschliefsung einzelner Petroleumschiffe spricht durch ähnliche Flöfse, wie diejenigen, die zum Abschlufs des Petroleumhafens dienen. Diese Mittheilung ist in sofern wichtig, als dadurch auch provisorisch ein Petroleumhafen dargestellt werden könnte. Die Eisenplatten, die oben und unten über die Flöfse hinaustreten, setzen sich auch über die Enden derselben fort, so dafs sie die Platten der anschliefsenden Flöfse unmittelbar berühren und durch Charniere mit denselben verbunden werden können.

Wenn diese Flöfse rings um die Petroleumschiffe gelegt und durch Anker sicher gehalten werden, so dafs die Form der Umschliefsung, die sie bilden, sich nicht verändern kann, so stellen sie in der That den beabsichtigten Hafen schon dar und es kommt nur darauf an, eine angemefsne und von den übrigen Schiffen getrennte Wasserfläche zu finden, wo eine solche Liegestelle eingerichtet werden kann.

Barret macht noch darauf aufmerksam, dafs die Fugen zwischen je zwei Flöfsen durch Streifen von dickem Leder sehr sicher gedichtet werden können. Wenn dasselbe auch verbrennt, so soll es doch während des Brandes das Durchfliefsen des Petroleums verhindern.

Die wichtige Frage, wie diese Flöfse zu bilden sind, wird in den vorliegenden Mittheilungen nicht genügend beantwortet. Die Niederländische Zeitschrift giebt zwar zwei Profilzeichnungen, eine von einem eisernen und eine von einem hölzernen Flofs, beide erregen jedoch in Betreff ihrer sichern Lage auf dem Wasser Bedenken, woher dieselben hier nicht aufgenommen werden konnten. Die Verwendung eiserner Flöfse, mögen es Röhren oder Prismen sein, erscheint aber auch zweifelhaft, insofern sie in der starken Gluth bei einem Brande doch leicht in den Fugen sich öffnen und ihre Form so verändern können, dafs sie sich mit Wasser füllen und versinken. In dieser Beziehung dürften vielleicht hölzerne Flöfse sicherer sein, die, wenn sie nach längerem Gebrauch stark durchnäfst sind und immer neues Wasser ansaugen, doch nur sehr langsam verbrennen, also während des Brandes ihren Dienst versehn. Der Umstand aber, dafs sie später ganz oder theilweise erneut werden müssen, kommt wenig in Betracht, wenn sie wirklich die Ausdehnung des Brandes verhindert haben.

Digitized by Google

§ 89.

Schiffsbau-Anstalten.

In jedem Seehafen mufs dafür gesorgt sein, dafs Schiffe, die Havarie erlitten haben, ausgebessert werden können. Dieselben Einrichtungen, die zu diesen Reparaturen nothwendig sind, können aber auch zu Neubauten benutzt werden. Sie sind sehr verschieden und bieten theils mehr, theils minder Bequemlichkeit im Gebrauch, auch ist ihre Wahl von manchen localen Verhältnissen und namentlich davon abhängig, ob daselbst Fluthwechsel statt findet und wie grofs derselbe ist. Die eingehende Beschreibung der sämmtlichen hieher gehörigen Einrichtungen würde die Grenzen dieses Handbuchs überschreiten, da sie weniger den Geschäftskreis des Hafenbaumeisters betreffen, vielmehr ihre Anordnung und Ausführung dem Schiffsbaumeister und Maschinenbauer zufällt. Gewöhnlich bleibt auch der Privatindustrie die Reparatur, wie der Neubau der Schiffe überlassen. Die Ausführung von Trockendocks und einigen andern hieher gehörigen Bauten mufs freilich der Baumeister übernehmen, doch wird ihm nicht leicht die Anordnung derselben überlassen, und wenn die Ausführung solcher Werke auch oft grofse Schwierigkeiten bietet, so werden diese doch keineswegs durch besondere Eigenthümlichkeiten veranlafst, vielmehr durch Verhältnisse, die bereits ausführlich erörtert sind, wie etwa der schlechte Baugrund oder der starke Zudrang des Wassers. Hiernach werden die nachstehenden allgemeinen Andeutungen genügen.

Die Helling ist die geneigte Fläche, auf welche schadhafte Schiffe aufgezogen oder auf der auch Schiffe gebaut werden, und von der sie herabgleiten, wenn der Rumpf fertiggestellt ist. Die Neigung einer Helling mifst im äufsersten Fall 1 zu 12, gemeinhin ist sie geringer und zuweilen sogar nur 1 zu 16. Im Allgemeinen mufs sie um so stärker sein, je kleiner das Schiff ist, und dieses beruht darauf, dafs auch nach sonstigen Erfahrungen der Reibungscoefficient bei zunehmender Belastung sich verringert.

Die Unterlagen, auf denen das Schiff während der Reparatur steht, also die Stapelklötze, und eben so auch die Hölzer,

Digitized by Google

welche die seitwärts angebrachten Stützen tragen, dürfen nicht in den Grund einsinken, weil dadurch eine Formveränderung oder eine Lockerung des Verbandes veranlafst würde. Es ist daher unabweisbare Bedingung, dafs der Boden gehörig fest sein mufs. Bei sandigem Untergrunde findet auf unsern Privatbaustellen, wenn auch sehr grofse Handelsschiffe darauf erbaut werden, eine künstliche Befestigung beinahe niemals statt, und dasselbe ist auch auf thonigem und selbst auf weniger festem Boden der Fall. Dabei darf aber nicht unbeachtet bleiben, dafs auf demselben Terrain, wo man heutigen Tages Schiffe aufstellt, meist schon vor hundert Jahren Schiffe gestanden haben, also die Compression bereits erfolgt ist. Wenn dagegen ein neues Etablissement und zwar für grofse Fahrzeuge eingerichtet wird, wie etwa für eine Kriegsmarine, so unterläfst man wohl niemals, für die nöthige Befestigung des Bodens zu sorgen, und bei zweifelhafter Beschaffenheit desselben werden nicht selten sehr solide Pfahlroste ausgeführt.

Die Hellinge müssen solche Ausdehnung haben, dafs die gröfsten Schiffe, für die sie noch bestimmt sind, von dem Wasser nicht berührt werden, und zwar gilt diese Regel auch für diejenigen Häfen, wo Fluthwechsel stattfindet. Das Schiff wird mit seltenen Ausnahmen normal gegen das Ufer gerichtet, nur wo das Ufer sehr steil ansteigt, und daher der zum Schiffsbau geeignete Raum sehr beschränkte Breite hat, wie an manchen Stellen der untern Elbe und Weser, richtet man das Schiff schräge gegen das Ufer, doch läuft es meist in seiner Längenrichtung vom Stapel. Wenn aber der Strom sehr schmal ist, also das Schiff darin die nöthige Drehung nicht machen kann, vielmehr auf das gegenüber liegende Ufer auflaufen würde, wird es, selbst wenn es gröfsere Dimensionen hat, nach der Quere herabgelassen. Dieses geschieht zum Beispiel auf dem Bauplatz unmittelbar unterhalb Bremen. Beim Bau von Kähnen ist dieses Verfahren allgemein üblich. Bei uns pflegen die Schiffe so gestellt zu werden, dafs ihr hinteres Ende oder der Spiegel dem Wasser zugekehrt ist, und sie mit diesem zuerst ins Wasser treten.

Fig. 261 *a* und *b* auf Taf. XLV zeigt die Querschnitte einer vor wenig Jahren in Swinemünde erbauten Helling, die zum Aufziehn der zum Hafenbau gehörigen Bagger, Bugsirböte

Digitized by Google

und Prahme dient. Sie ist 200 Fufs lang und im Verhältnifs von 1 zu 18 gegen den Horizont geneigt. Doch tritt sie nur in der Hälfte ihrer Länge über das Mittelwasser, während die andre Hälfte darunter bleibt, und zwar am äufsern Ende um $7^3/_4$ Fufs. Ihre Breite mifst über 20 Fufs, damit die grofsen Dampfbagger sicher aufgewunden werden können, während noch zwei zwischenliegende Pfannen oder Rinnen für die weniger breiten Bugsirböte oder Prahme angebracht sind.

Bei dem über Wasser befindlichen Theil, der Fig. *a* dargestellt ist, sind in Abständen von 5 Fufs von Mitte zu Mitte auf den in der angegebenen Neigung abgegrabenen oder erhöhten Boden Bohlen nach der Quere ausgelegt, hierüber Langbalken gestreckt, und diese durch Querbalken verbunden. Letztere tragen die aus Bohlen gebildeten Rinnen, die mittlere für den Läufer, auf dem der Kiel des Schiffes steht, und zwei der andern für die Schlitten, welche das Schiff vor dem Umfallen sichern. Die Rinnen werden an beiden Seiten und zwar auf jedem Querbalken noch durch Knaggen gehalten. Für den über Wasser liegenden Theil der Helling sind jedoch nur drei Rinnen vorhanden, indem die äufsern verstellt werden können.

Der unter Wasser befindliche Theil ruht auf Pfählen, indem in Abständen von 5 Fufs sechs Pfähle eingerammt sind, die ein Joch bilden. Dieselben sind in den passenden Tiefen stumpf abgeschnitten, und da geringe Unregelmäfsigkeiten in ihrer Stellung sich nicht vermeiden liefsen, so sind zunächst über die einzelnen Joche Bohlen gelegt und durch Taucher aufgenagelt. Der fernere Aufbau stimmt mit dem bereits beschriebenen überein. Doch mufsten hier alle fünf Rinnen sogleich dargestellt werden, da ein Versetzen derselben zu schwierig gewesen wäre. Demnächst war es nöthig, das Aufschwimmen zu verhindern. Während des Baues geschah dieses durch Auflegen von Eisenmassen und Steinen, doch sind zu diesem Zweck noch mehrere Pfähle neben den Jochen eingerammt, von denen Fig. *b* an der linken Seite einen zeigt. Man bemerkt auch, wie in denselben ein daneben liegender Balken eingreift und dadurch am Aufschwimmen verhindert wird, während starke Bolzen das Ganze verbinden. Indem dieser Bauhafen mit dem Swinestrom in offener Verbindung steht, so treten zuweilen in ihm auch bedeutend höhere Wasserstände ein, wobei

Digitized by Google

selbst der obere Theil der Helling aufschwimmen könnte. Um dieses zu verhindern, sind auch hier verschiedene Ankerpfähle in gleicher Weise angebracht.

Auf dem zur Strombauverwaltung gehörigen Bauhof in Bredow bei Stettin wurde einige Jahre früher eine Helling erbaut, die in dem über Wasser liegenden Theil genau in gleicher Weise construirt ist, und wobei auch die äufsern Rinnen verstellt werden. Die beschränkte Oertlichkeit veranlafste jedoch in doppelter Beziehung eine andre Anordnung. Um nämlich mehrere gröfsere Fahrzeuge oder eine ganze Anzahl von Baggerprahmen hinter einander stellen zu können, gab man dem über Mittelwasser befindlichen Theil der Helling die Länge von 150 Fufs, und um denselben über das sehr niedrige Terrain nicht zu hoch zu erheben, wodurch die Reparaturen der Fahrzeuge wesentlich erschwert worden wären, beschränkte man die Neigung auf das Verhältnifs von 1 zu 16. Wesentlich verschieden ist aber hier die Anordnung des unter Mittelwasser befindlichen Theils. Dieser mufste sehr verkürzt werden, da die mäfsige Länge des davor liegenden Hafens nicht die Beibehaltung der erwähnten Neigung bis zu der erforderlichen Tiefe gestattete. Letztere durfte indessen nicht geringer sein, als dafs bei gewöhnlichen Wasserständen noch Fahrzeuge von 6 Fufs Tiefgang mit dem Kiel sich auf den Läufer aufstellen konnten. Indem man aber nicht weiter als etwa 40 Fufs vorgehn mochte, so erhielt dieser Theil bei der Länge von 40 Fufs die Neigung von 1 zu 6, woher beim Uebergange eine scharfe Kante sich bildet, die allerdings die dauernde gleichmäfsige Unterstützung des Schiffs verhindert. Dabei mufs indessen bemerkt werden, dafs derselbe Uebelstand sich auf den meisten Werften wiederholt, wenn auch viel gröfsere Schiffe auf gewöhnlichen Hellingen erbaut, oder auf solchen reparirt werden.

Dieser untere Theil der Helling, das sogenannte Senkstück, ist mit dem obern nicht fest, sondern nur durch drei starke Charniere verbunden, er ruht auch nicht auf Pfählen, sondern nur auf der möglichst regulirten Dossirung des Ufers. Er besteht aus einem starken Rost, dessen obere Querbalken wieder die Pfannen oder Rinnen tragen, und um ihn nicht aufschwimmen zu lassen, sind schwere Eisenmassen daran befestigt.

Sehr wichtige Nebentheile jeder Helling sind der Läufer,

Digitized by Google

auch wohl der Mittelläufer genannt, und die beiden Schlitten. Auf diesen drei Unterlagen ruht das Schiff und sie liegen oder bewegen sich in den bereits erwähnten Pfannen oder Rinnen. Fig 261 *c* zeigt den vordern, wie auch einen mittlern Theil des Läufers in der Ansicht von oben. Beim Aufbringen eines Schiffs wird der Läufer so weit herabgelassen, dafs letzteres mit dem Vordersteving sich auf sein vorderes Ende aufstellt, und indem Taue oder Ketten, von kräftigen Winden angezogen, in den Bügel eingreifen, setzen sie zugleich das Schiff in Bewegung und schieben es auf die Helling. Der untere Theil von Fig. *c* zeigt, wie der Läufer aus mehreren Stücken zusammengesetzt oder gestofsen wird, da man nicht leicht einen Balken von der erforderlichen Stärke und Länge findet. Mehrfach giebt man dem Läufer nicht einen rechtwinkligen Querschnitt, sondern rundet ihn auf der untern Seite cylindrisch ab, in welchem Fall auch die Pfanne oder die Rinne eine entsprechende Form erhält, wie Fig. 261 *d* zeigt.

Die Schlitten bestehn aus 6 bis 8 Zoll starken und oft aus noch stärkern Holztafeln, die aus mehreren über einander liegenden Stücken in solcher Höhe zusammengesetzt sind, dafs sie, in den Seitenrinnen stehend, das Schiff unterstützen und sein Umfallen verhindern. Sie müssen in ihren obern Flächen der Form des Schiffs sich ungefähr anschliefsen, auch so lang sein, dafs sie dasselbe im gröfsten Theil seiner Länge umfassen. Durch starke Eisenstangen werden sie (Fig. *a*) mit dem Läufer verbunden, so dafs sie demselben stets parallel gerichtet bleiben, und andre Stangen, die vom Kopf des Läufers schräge zu ihnen gehn, übertragen auf sie den Zug, den die Winden auf diesen ausüben, wie Fig. *c* andeutet.

Es bleibt noch übrig, mitzutheilen, in welcher Weise Schiffe auf Hellinge aufgezogen und von denselben wieder herabgelassen werden.

Nachdem der Mittelläufer hinreichend tief herabgeschoben ist, kommt es zunächst darauf an, das noch frei schwimmende Schiff sehr scharf so zu stellen, dafs sein Kiel genau über dem Läufer sich befindet. Zu diesem Zweck schraubt man zuweilen auf beide Enden des Läufers Eisenstangen, zwischen denen das Schiff eingerichtet wird. Noch bequemer ist es, wenn sowohl vorn wie

Digitized by Google

hinten an dem Läufer je zwei nach der Form des Schiffs gekrümmte Eisenschienen mittelst Charnieren befestigt sind, die also beim Anheben das Schiff sicher fassen und einrichten. Vielfach wird der Läufer auch nur an einigen Stellen mit zwei kurzen Hörnern versehn, wie Fig. *d* zeigt, an die man gleichmäfsig eingetheilte Leinen befestigt, diese zu beiden Seiten des Schiffs an Bord nimmt und so weit anzieht, dafs sie übereinstimmende Längen angeben.

Ist diese Einstellung erfolgt und das Schiff mit dem vordern Ende des Kiels scharf auf den Läufer aufgestellt, so pflegt es zunächst dem auf den letztern ausgeübten Zug leicht zu folgen, und da der Druck, den es ausübt, beim weitern Vorrücken immer stärker wird, also auch die Reibung zunimmt, so gelingt es oft, allein durch Anwinden des Läufers das Schiff aus dem Wasser zu bringen. Bemerkt man dagegen, dafs das Schiff dem Läufer nicht folgt, vielmehr zurückbleibt, so mufs ein starkes Tau um das Schiff geschlungen, und die beiden Enden desselben von andern Winden gefafst werden, während zugleich der Läufer aufgewunden wird.

Tritt das Schiff zum Theil über Wasser und berührt sein Kiel in der ganzen Länge den Läufer, so ist seine aufrechte Stellung nicht mehr gesichert, und man mufs alsdann die beiden Schlitten unterbringen und mit dem Läufer verbinden. Wenn dieselben das Schiff nicht scharf berühren, so werden Keile darüber eingeschoben. Alsdann müssen auch die drei Pfannen über Wasser gehörig geschmiert werden, um das Aufwinden zu erleichtern. Man braucht aber nunmehr nur noch den Läufer zu ziehn, und das um das Schiff geschlungene Tau kann abgenommen werden.

Sobald das Schiff vollständig aufgewunden ist, wird es durch schräge dagegen gestellte Steifen zu beiden Seiten gestützt und zugleich so eingerichtet, dafs es nach keiner Seite überhängt. Die Schlitten, welche die Untersuchung und Instandsetzung des Bodens verhindern würden, werden alsdann abgenommen, und die Ausbesserung nebst der Dichtung und dem Anstrich kann nunmehr erfolgen.

Wenn in dieser Weise die Reparatur beendigt, oder ein Schiff auf der Helling neu gebaut wurde, so ruht es mit seinem ganzen Gewicht auf dem Kiel und dem Läufer. Derselbe kann aber eben

Digitized by Google

deshalb nicht gehörig geschmiert werden, wenn man gleich dieses dadurch zu ersetzen sucht, dafs man Petroleum in das obere Ende der Pfanne eingiefst und es herabfliefsen läfst. Die beiden Seitenrinnen lassen sich dagegen vollständig schmieren, so wie auch die untern Flächen der Schlitten, es kommt also darauf an, das ganze Gewicht des Schiffs auf diese zu übertragen. Gegen das Schiff werden dünne Bretter gelegt, um die neu gestrichene Schiffswand nicht zu beschädigen und eine Menge Keile zwischen diese Brettchen und den Schlitten geschoben. Indem diese sämmtlichen Keile von eben so vielen Arbeitern übereinstimmend mit schweren Hämmern eingetrieben werden, hebt sich langsam das ganze Schiff und das Gewicht desselben wird von dem Läufer auf den Schlitten übertragen. Wenn dieses indessen ohne weitere Vorsicht geschähe, müfste man besorgen, dafs ein plötzliches Abgleiten einträte, wobei die mit den Keilen beschäftigten Arbeiter in Gefahr kämen. Das Schiff wird sonach, um dieses zu vermeiden, vorher mit einem starken Tau umfangen. Auch zieht man dieses durch eine besonders kräftige Winde noch scharf an, damit beim plötzlichen Nachlassen dieses Zugs schon einige Bewegung eintritt, welche die Reibung um so leichter überwindet. Endlich wird das Tau durch ein Beil plötzlich durchhauen. Zuweilen tritt aber die Bewegung alsdann noch nicht ein, und man mufs in diesem Fall versuchen, durch kräftige Schrauben oder durch Gegenstofsen von Balken und dergleichen das Schiff zum Ablauf zu bewegen, wie ich dieses einst auf dem königlichen Marinewerft in Amsterdam sah.

Das ablaufende Schiff hat Anfangs eine sehr geringe Geschwindigkeit, doch schnell vergröfsert sich diese, und mit Heftigkeit stürzt es sich in das Wasser. Wenn die Helling wie bei derjenigen in Bredow eine scharfe Kante bildet, oder wenn, wie häufig geschieht, die Helling nicht tief genug herabgeführt ist, so schlägt das Schiff plötzlich nach vorn über, und wenn es dabei auch nicht den Grund berührt, was jedenfalls vermieden werden mufs, so ist die Erschütterung dabei doch gröfser, als diejenigen, welche das Schiff später beim heftigsten Wellenschlag erleidet, woher, wie aus dem Folgenden sich ergeben wird, mehrfach andre Anordnungen getroffen sind, mittelst deren das Schiff, ohne die gleichmäfsige Unterstützung zu verlieren, ganz sanft in das

Digitized by Google

Wasser geführt wird. Diese Anordnungen sind indessen theils sehr kostbar, theils lassen sie sich aber auch nur bei geeigneten Localitäten anbringen. Vielleicht kommt auch noch einige Ostentation hinzu, indem der Stapellauf, der ohne Zweifel stets ein grofsartiges Schauspiel bildet, mit der Feierlichkeit der Schiffstaufe verbunden wird.

Bei beschränkter Breite der vor der Helling befindlichen Wasserfläche mufs für die Mäfsigung der Geschwindigkeit gesorgt werden, damit das Schiff nicht etwa auf das gegenüberstehende Ufer aufläuft und dabei nicht nur sich selbst beschädigt, sondern auch das Kai zerstört. Durch Ketten und Taue es plötzlich aufzuhalten, wäre, wenn dieses möglich, eben so gefährlich, es mufs vielmehr durch mehrfache Hindernisse zurückgehalten und zu gemäfsigter Bewegung gezwungen werden. Im Havre sah ich einst, dafs man das schwere Ankertau, das um das Schiff geschlungen und rückwärts sicher befestigt war, in grofsen Buchten hin und her legte, und jede Bucht durch andre schwächere Taue zusammenband. Diese letzten Taue wurden nun eines nach dem andern zerrissen, und dadurch der Ablauf in kurzen Intervallen gemäfsigt.

Weit kräftigere Maafsregeln müssen indessen beim Stapellauf grofser Schiffe der Kriegsmarine ergriffen werden, wie etwa auf dem Werft des Vulcan in Bredow, unterhalb Stettin geschieht. Schwere Balken bilden ungleicharmige Hebel und werden vom Schiff, sobald es sich in Bewegung setzt, am Ende der kurzen Arme gefafst und gedreht. Auch andre schwere Hölzer werden vom Schiff zwischen je zwei durch Pfähle fest zusammengehaltene Balken geschoben. Mit welcher Kraft dieses geschehn ist, ergiebt sich, wenn man diese Verbindungen später betrachtet. In ähnlicher Weise werden die Ketten befestigt, welche dem Schiff, sobald es schwimmt, eine andre Richtung geben und es endlich an der bestimmten Stelle zum Stillstand bringen. Mit Verwunderung sieht man, wie diese gewaltigen Massen in Bewegung kommen, schnell dahin schiefsen und dennoch genau die vorgeschriebenen Wege verfolgen, bis sie gleich darauf in der beabsichtigten Richtung und auf dem beabsichtigten Punkt ruhig liegen bleiben.

Diese Hellinge werden nicht nur zur Reparatur, sondern

Digitized by Google

auch zu Neubauten von Schiffen vielfach benutzt. In letzter Beziehung haben sie vor den Trockendocks, wovon im Folgenden die Rede sein wird, den grofsen Vorzug der luftigen und freien Lage, wobei die Hölzer austrocknen, aber nicht verrotten. Das Schiff gewinnt wesentlich an Festigkeit und Dauer, wenn es in den Spanten Monate und selbst Jahre hindurch gestanden hat, ehe die Bekleidung aufgebracht wird. Es wird hierdurch Gelegenheit zum vollständigen Austrocknen der Inhölzer geboten, aufserdem aber kann man auch die Fehler, die an diesen nach einiger Zeit hervortreten, also namentlich die einzelnen Stellen, an welchen Fäulnifs im Entstehn ist, deutlich erkennen und solche Stücke durch andre ersetzen.

Hierzu kommt auch noch, dafs die Einrichtung der Hellinge, selbst wenn sie mit einer leichten Verdachung versehn werden, nur sehr mäfsige Kosten veranlafst, woher die Schiffe längere Zeit hindurch darauf stehn können, ohne dafs dadurch ihr Bau sich bedeutend vertheuert. In den kostbaren Trockendocks ist dieses nicht der Fall. Die Zinsen des Anlagecapitals derselben stellen sich so hoch, dafs ihre Benutzung für jedes Schiff auf die kürzeste Zeit beschränkt werden mufs.

Die Gefahr, dafs die Schiffe beim Uebergang über die scharfe Kante am Ende der Helling leiden, läfst sich sehr vermindern, wenn das Ufer flach abfällt, oder man ihm bis zur nöthigen Tiefe unter Wasser die erforderliche Dossirung geben kann, ohne die Breite der Wasserfläche in nachtheiliger Weise zu beschränken. Es kommt darauf an, die Pfannen oder Rinnen hinreichend weit zu verlängern, so dafs das Schiff dieselben nicht früher verläfst, als bis es vom Wasser getragen wird. Wo starker Fluthwechsel stattfindet, ist diese Bedingung leicht zu erfüllen. Bei Niedrigwasser, und zwar am bequemsten zur Zeit der Springfluthen, werden die Hölzer verlegt und befestigt, während das Ablaufen beim Hochwasser erfolgt. Wenn aber auch der Fluthwechsel fehlt, so kann man mittelst der bereits erwähnten Senkstücke, die man auf den gehörig geebneten und flach dossirten Grund versenkt, die erforderliche Fortsetzung der Bahn darstellen, und auf diese Weise ohne kostbare Fundirungen das gefahrlose Ablaufen der Schiffe ermöglichen. Sollten aber dabei Schwierigkeiten eintreten, so sind diese meist dadurch zu beseitigen, dafs

Digitized by Google

man umsichtige und geübte Arbeiter in Scaphandern tauchen, und die Hindernisse, wie etwa Steine oder Holzstämme mit Ketten fassen und aufwinden läfst. Bei Erbauung grofser Schiffe und namentlich solcher, die zur Kriegsmarine dienen, werden die Hellinge mit leichten Verdachungen versehn, die man oft unmittelbar auf die Schiffe legt, um Regen und Schnee abzuhalten, ohne jedoch den Zutritt der Luft zu hemmen.

Zuweilen hat man die beiden Systeme, der Helling und des Trockendocks, in der Art mit einander verbunden, dafs das Schiff auf einer versenkten Helling erbaut wird, sein Kiel also nicht über, sondern ganz oder theilweise unter dem Wasserspiegel liegt. Die Helling befindet sich alsdann nicht auf dem Ufer, sondern in einem mehr oder minder tiefen Einschnitt in demselben, und der Zutritt des Wassers zu diesem wird wie beim Trockendock durch Stemmthore oder ein Pontonthor, oder auch wohl nur durch einen Erddamm zwischen Dammbalken abgehalten. Man erreicht dabei den Vortheil, dafs man die Bahn, auf der das Schiff abläuft, nicht so weit in das Wasser herabzuführen braucht, wie bei den gewöhnlichen Hellingen. Letzteres ist in manchen Fällen wegen der geringen Breite des Hafens oder Stroms nicht möglich, und aldann wird vorzugsweise diese Anordnung gewählt, wie dieses in dem Marinewerft an der Weichsel unterhalb Danzig geschehn ist.

Der mit festen Wänden umgebene und stromwärts abgeschlossene Einschnitt wird trocken gelegt und so oft ausgepumpt, wie das eindringende Wasser die Arbeit zu hindern droht. Der Schiffsbau erfolgt darin, wie auf einer gewöhnlichen Helling, und wenn das Schiff ins Wasser gelassen werden soll, wird Alles zum Ablaufen vorbereitet, der Schlitten untergebracht, die Stützen entfernt, und demnächst das Wasser eingelassen und der Abschlufs vollständig beseitigt. Alsdann liegt der untere Theil der Helling oft schon 8 Fufs unter Wasser, und das Schiff, bei dem man jede irgend entbehrliche Belastung bisher vermieden hat, wird beim Ablaufen schon soweit getragen, dafs es beim Uebergange über den äufsern Rand der Helling nicht leidet. Bei diesem Verfahren treten indessen die Uebelstände, welche der Bau im Trockendock veranlafst, in gewissem Grade schon ein.

Die Hellinge wurden in früherer Zeit ganz allgemein und

Digitized by Google

auch gegenwärtig noch vielfach zur Reparatur der Schiffe benutzt. Es kommt alsdann darauf an, das Schiff auf sie hinaufzuziehn, und bei dem grofsen Gewicht desselben ist dieses nicht leicht, doch gelingt es bei Anwendung kräftiger Winden und starker Flaschenzüge in der bereits angedeuteten Weise.

Bei diesem Verfahren wird indessen auch die Verbindung des Schiffs bedroht, die bei der verschiedenartigen und unvollständigen Unterstützung sich lockert. Hierzu kommt aber noch, dafs das Schiff, sobald es schwimmt, seine Form etwas verändert. Noch mehr geschieht dies im Lauf der Zeit. Nicht nur bauchen die Seitenwände aus, oder biegen sich nach Umständen auch einwärts, sondern selbst der Kiel nimmt eine gewisse Krümmung an, indem er gewöhnlich in der Mitte sich hebt, und vorn und hinten herabsinkt. Soll ein solches Schiff reparirt werden, so mufs es möglichst in derjenigen Form erhalten werden, die es nach und nach angenommen hat. Bei andern Vorrichtungen und namentlich beim Einbringen in ein massives Trockendock läfst sich dieses erreichen, beim Aufziehn auf die Helling ist diese Bedingung aber nicht zu erfüllen. Das Schiff gestaltet sich auf derselben nicht nur anders, als im Wasser, sondern auch beim Aufziehn und ebenso beim Ablaufen nimmt es wieder verschiedene Formen an.

Man kann manche Reparaturen an einem Schiff vornehmen, während es auf dem Wasser schwimmt. Dieses geschieht, indem es seitwärts geneigt wird. Man unterscheidet dabei das mäfsige Ueberneigen, wobei nur die obersten Gänge die unter Wasser liegen, frei werden, und das vollständige Umlegen, wobei der Kiel über Wasser tritt. Jenes nennt man Krängen, dieses Kielholen. Um Letzteres zu bewirken, ist eine sehr bedeutende Kraft anzuwenden, und man mufs dabei theils für hinreichend feste Punkte am Ufer sorgen, die unter dem aufwärts wirkenden starken Zuge sich nicht heben, theils aber müssen auch die Masten, welche man herabzieht, sehr sicher gegen die Deckbalken neben dem Borde gestützt werden. Auf die Verlängerungen der Masten oder auf die Stengen darf man den Zug nicht wirken lassen, obwohl sie längere Hebelsarme bilden, weil sie nicht hinreichend fest mit dem Schiff verbunden sind.

Digitized by Google

Am schwierigsten sind sehr steife Schiffe überzulegen, beim Kielholen müssen sie aber so weit gedreht werden, dafs sie auf der Landseite nicht nur bis zur vollen Bordhöhe unter Wasser liegen, sondern selbst ein Theil des Decks unter dieses tritt. Das Schiff wird in solchem Fall vorher möglichst erleichtert, um zu vermeiden, dafs das Wasser nicht an die Luken kommt, die in der Mitte des Decks liegen.

Wenn das Schiff stark übergeneigt ist, wobei es in Folge seiner Form die Tendenz hat, sich wieder aufzurichten, so mufs es möglichst gegen Wellenbewegung gesichert werden, da Erschütterungen leicht das Brechen eines Taues oder das Heben der Kielbank veranlassen könnten. Bei unruhiger Witterung darf daher das Kielholen nicht vorgenommen werden, auch dürfen in der Nähe der Kielstelle nicht Dampfböte vorbeigehn. Es geschieht indessen nicht selten, dafs die Schiffe dennoch plötzlich sich aufrichten, wobei die auf Flöfsen befindlichen Zimmerleute, welche die Reparatur ausführen, in die augenscheinlichste Gefahr versetzt werden. Mehrere Fälle dieser Art kamen in Pillau vor, wo man oft genug, um das Schiff zu krängen, irgend einen Bohlwerkspfahl zum Festpunkte wählte, der alsdann und zwar meist zugleich mit den daneben stehenden etwas gehoben wurde. In andern Fällen, wo man die hierzu bestimmte Kielbank benutzte, erwiesen sich aber zuweilen die angewendeten Taue als zu schwach und brachen.

Bei dem Krängen und Kielholen wird vorzugsweise das Schiff nur vollständig untersucht und von den daran haftenden Moosen und Muscheln gereinigt. Sodann werden die Fugen gedichtet, mit Pech vergossen und der Theeranstrich erneut. In seltenen Fällen stemmt man auch einzelne schadhafte Theile der Planken aus und setzt dafür neue Stücke ein. Ganze Planken werden nicht leicht eingezogen, und zu der Erneuung einzelner Inhölzer bietet sich hierbei nie Gelegenheit, weil man bei der unsichern Lage des Schiffs nicht wagen darf, mehrere Planken gleichzeitig zu entfernen. Die Reparaturen, welche man in dieser Weise vornehmen kann, sind daher immer nicht bedeutend.

Der Wasserbaumeister hat hierbei nur für die sichre Befestigung der Kielbank zu sorgen. An dieselbe wird der eine Block des Scheerzeugs befestigt, während der andre das obere

Digitized by Google

Ende des Hauptmastes faſst, sowie zuweilen auch der vordre Mast in gleicher Weise benutzt wird. Das Tau, welches in die Blöcke geschoren ist, wird, wie beim Aufwinden eines Schiffs, durch eine stark besetzte Erdwinde angezogen, und es entwickelt sich hierbei ein aufwärts gerichteter Zug gegen die Kielbank, der kräftiger ist, als derjenige, den man gewöhnlich zum Ausziehn eingerammter Pfähle anzuwenden pflegt. Letztere müssen also besonders gesichert werden, und dieses geschieht gewöhnlich dadurch, daſs man eine ganze Reihe derselben darstellt und diese durch eingelaſsne und mittelst Schraubenbolzen befestigte Zangen unter sich verbindet, so daſs der Zug sich auf alle überträgt. Kann man den einzelnen Pfählen aber keinen hinreichend festen Stand geben, so thut man wohl, wie in Pillau geschah, sie noch in der Höhe des Wasserspiegels durch eine zweite Zange in gleicher Art zu verbinden und auf diese starke Bohlen zu legen, die zu beiden Seiten etwa 6 Fuſs weit vortreten, und darüber bis zur Uferhöhe Erde zu schütten. Das Gewicht der letztern vermehrt alsdann die Widerstandsfähigkeit der Kielbank.

Zuweilen bildet die Kielbank zugleich das Bohlwerk, wobei der erwähnte Bohlenboden nebst der Belastung nur einseitig angebracht werden kann, sich aber bequem über den Erdankern darstellen läſst. Vielfach stellt man die Bank etwa 12 Fuſs hinter die Uferschälung, und dieses empfiehlt sich insofern, als dabei das umgelegte Schiff nicht so weit in den Hafen hineintritt. Jedenfalls muſs aber das Schiff beim ersten Anziehn der Winden von dem Bohlwerk entfernt gehalten werden, weil die Taue Anfangs in schräger Richtung gespannt sind, also nicht nur den Mast herabdrücken, sondern ihn mit dem Schiff gegen das Ufer ziehn.

In den Niederländischen Häfen sieht man häufig statt der Kielbänke Kiellichter oder Kielprahme im Gebrauch. Dieses sind groſse Prahme, in deren Achse auf Deck starke Rundhölzer sicher befestigt sind, an die man die Gienblöcke legt. Indem das ganze Gewicht des Prahms bei der festen Verbindung desselben in Wirksamkeit tritt, so können die einzelnen Theile, welche zunächst vom Zuge getroffen werden, nicht nachgeben, und das Schiff wird sehr sicher in seiner Lage gehalten. Es ist dabei auch entbehrlich, den schnellen Lauf der vorübergehenden Dampf-

Digitized by Google

böte zu mäfsigen, und nicht selten wird das in dieser Weise umgelegte Schiff vollständig verkupfert.

In Häfen, wo ein starker Fluthwechsel stattfindet, wie am Canal, entbehrt man die Kielbänke, indem man dafür feste Rüstungen etwas über dem niedrigsten Wasser aufführt, auf welche die Schiffe zur Zeit des Hochwassers sich aufstellen und während der nächsten Ebbe vollständig aus dem Wasser treten. Hiervon ist bereits § 32 die Rede gewesen.

Das Trockendock (Englisch: dry dock oder graving dock, Französisch: forme) ist, wie allgemein anerkannt wird, wenn es massiv erbaut ist, die passendste Vorrichtung zum Ausbessern grofser Schiffe. Es bildet eine von starken Mauern wasserdicht umschlofsne Kammer, deren Länge und Breite nicht nur den Dimensionen der Schiffe, für die es bestimmt ist, entspricht, sondern diese soweit übertrifft, dafs rings umher noch hinreichender Raum frei bleibt, um die nöthigen Arbeiten darin vornehmen zu können. Die Mauern steigen aber in den innern Flächen nicht wie bei einer Schleuse steil an, vielmehr sind sie in der Art abgetreppt, dafs man mit mäfsigen Rüstungen, welche auf die Stufen gestellt werden, überall leicht das Schiff erreichen kann. Der Drempel im Eingang des Docks, worüber der wasserdichte Abschlufs erfolgt, liegt so tief, dafs die Schiffe, welche ausgebessert werden sollen, bei jedem Hochwasser darüber schwimmen, die Sohle des eigentlichen Docks mufs aber noch etwa 3 Fufs tiefer liegen, damit die Stapelklötze, auf welchen der Kiel ruht, hier ausgelegt werden können. Der Abschlufs des Docks gegen den Hafen oder den Vorhafen geschieht zuweilen durch gewöhnliche Stemmthore, gemeinhin aber durch ein Pontonthor, welches mit dem Kiel und beiden Steven in Dammfalze eingreift, die sowohl in die Drempel, wie in die Seitenmauern sorgfältig eingeschnitten sind.

Ehe das Schiff in das Dock gebracht wird, mufs dieses zur Aufnahme desselben vorbereitet werden, und zwar kommt es darauf an, die Stapelklötze so zu verlegen, dafs der Kiel in derjenigen Form, die er angenommen hat, auf allen gleichmäfsig ruht. Zu diesem Zweck macht man mit einer sorgfältigen Messung der Tiefe des Kiels unter dem Wasserspiegel den Anfang. Eine Bohle, in ihrer obern schmalen Seite gerade gehobelt, wird an

Digitized by Google

zwei Latten befestigt, welche mit übereinstimmender Maafseintheilung versehn sind, und soweit auseinander stehn, dafs sie das Schiff in seinem gröfsten Querschnitt umspannen. Dabei sind noch Eckbänder angebracht, um eine Formveränderung zu verhindern, auch werden Gewichte angehängt, um das Herablassen zu erleichtern. Dieses Instrument wird unter jeden Querschnitt des Schiffs geschoben, wo ein Stapelklotz verlegt werden soll, und mittelst zweier an den Latten herabhängender Lothe senkrecht eingestellt. Die in solcher Art gefundene Tiefe des Kiels unter dem Wasserspiegel trägt man in eine Zeichnung, indem zugleich der horizontale Abstand vom Vordersteven, oder von einem andern Punkt auf dem Deck des Schiffs gemessen wird.

Das Dock wird nunmehr geschlossen und ausgepumpt, und alsdann verlegt man in der Mittellinie desselben die Stapelklötze in denjenigen Abständen, in welchen die Messung ausgeführt wurde, und zwar in solchen Höhen, dafs ihre Oberflächen dieselben Differenzen der Tiefe darstellen, welche der Kiel hat, dabei mufs aber auch die Lage jenes Festpunkts, von welchem aus man die Abstände mafs, in dem über Wasser liegenden Theil des Docks genau bezeichnet werden. Ist dieses geschehn und sind die Klötze gehörig befestigt, so dafs sie nicht aufschwimmen, so füllt man das Dock, und nachdem das Pontonthor beseitigt ist, bringt man das Schiff ein. Dasselbe mufs mit möglichster Sorgfalt in die Achse des Docks gestellt, und mit Rücksicht auf jenen Festpunkt soweit vorgeschoben werden, dafs jeder Stapelklotz unter die entsprechende Stelle des Kiels trifft. Wenn inzwischen das Thor wieder eingestellt ist, und man den Wasserstand entweder durch unmittelbaren Abflufs oder durch die Pumpen senkt, so stellt sich das Schiff so auf, dafs der Kiel ohne Veränderung seiner Form überall auf den Klötzen ruht.

Durch horizontale Streben wird das Schiff sogleich gegen ein Ueberneigen zur Seite gesichert. Sobald aber das Wasser weiter sinkt, und ein tieferer Theil der Schiffswand frei wird, so stellt man neue Streben dagegen, und treibt diese durch zwischengelegte Keile so scharf an, dafs eine Ausbauchung nicht erfolgen kann. In derselben Weise wird bis zum Boden des Schiffs mit dem Gegenstellen der Streben fortgefahren. Dieses geschieht aber

Digitized by Google

schon, sobald der betreffende Theil der Schiffswand frei wird, also nur der Kopf der Strebe über Wasser bleibt.

Während der Ausführung der Reparatur müssen freilich diese Streben entfernt werden, man ersetzt sie aber immer sogleich durch andre in der Nähe, so dafs fortwährend ein Seitendruck ausgeübt wird, welcher dem des Wassers entspicht. Indem aber heftige Stöfse hierbei gar nicht vorkommen, so wird das Schiff beim Ein- und Ausbringen und während es im Dock liegt, keiner Gefahr ausgesetzt.

Die nachtheilige Einwirkung der feuchten Luft auf das Holz ist von wenig Bedeutung, wenn das Schiff nicht lange im Dock bleibt. Dagegen sind die Kosten der Anlage eines Docks sehr grofs, woher die Benutzung desselben theurer, als die einer Helling wird, und die Arbeit vertheuert sich noch wesentlich dadurch, dafs es in dem beschränkten Raum an Licht fehlt und deshalb die tägliche Arbeitszeit sich um 1 bis 2 Stunden verkürzt.

Die Anordnung des ganzen Docks ist vorzugsweise von den Dimensionen der darin aufzunehmenden Schiffe abhängig, zum Theil auch von den Ansichten des Erbauers in Betreff der Aufstellung der Rüstungen. Das hintere oder das landseitige Ende des Docks wird in einem Halbkreis oder in einer mehr zugeschärften Form abgeschlossen, in dem vordern Theil, welcher die Verbindung mit dem Hafen darstellt, erheben sich die Mauern steiler und nähern sich zugleich einander, indem sie nur den nöthigen Raum für den Durchgang der gröfsten darin aufzunehmenden Schiffe zwischen sich frei lassen. Häufig giebt man dem Dock eine solche Länge, dafs es gleichzeitig zwei Schiffe aufnehmen kann, die hinter einander gestellt werden. Dabei mufs aber dasjenige dem Eingange am nächsten bleiben, dessen Instandsetzung am schnellsten beendigt ist. Sobald indessen dieses herausgebracht, also das Dock mit Wasser gefüllt wird, so ist man nicht nur gezwungen, die Arbeit an dem andern darin befindlichen zu unterbrechen, sondern in dieses fliefst auch das Wasser hinein, falls seine Wände noch nicht abgedichtet sind, oder es schwimmt auf. In beiden Fällen wird der Wiederbeginn der Arbeit verzögert und erschwert, und man ist daher im Allgemeinen immer darauf bedacht, beide gleichzeitig ein- und auszubringen, doch verbietet sich dieses nicht

Digitized by Google

selten dadurch, dafs man bei der Reparatur gröfsere Mängel vorfindet, als man erwartet hatte.

Fig. 242 zeigt den Querschnitt durch ein Dock mit dem darin stehenden Schiff und der Unterstützung desselben. Die Stützen oder Streben finden in den Stufen sehr sichere und bequeme Widerlager. Man mufs den Stufen aber eine bedeutende Breite geben, damit man nicht nur die Rüstungen sicher darauf stellen, sondern auch Materialien und Geräthe darauf niederlegen kann. Hieraus folgt wieder, dafs ihre Höhe viel gröfser wird, als dafs man sie als Treppenstufen benutzen könnte. Man ist daher gezwungen, noch verschiedene Treppen dazwischen zu legen, die weiter aufwärts sehr steil zu sein pflegen und nur schmale Auftritte erhalten können.

Die Ausführung der Trockendocks erfordert in sofern grofse Vorsicht, als ihre Sohle in bedeutender Tiefe unter dem Hochwasser liegt und dennoch dauernd frei von Wasser bleiben soll. Diese Schwierigkeit ist leicht zu überwinden, wenn der Untergrund aus compactem, gewachsenem Felsboden besteht, und das Mauerwerk bis auf diesen herabreicht. Das ältere Trockendock im Cherbourger Kriegshafen ist in dieser Art erbaut und der Wasserzudrang zu demselben war so mäfsig, dafs nur in langen Zwischenzeiten eine Pumpe in Betrieb gesetzt werden durfte. In dieses Dock mündete aber ein Quell süfsen Wassers, den man in einer Röhre aufgefangen hatte, die durch einen Krahn geschlossen war.

In sandigem und nachgiebigem Untergrund bietet kaum ein andrer Bau solche Schwierigkeit, wie der eines Trockendocks. In vollstem Maafse trat diese bei dem ältern Dock im Hafen Nieuwe-Diep ein, dessen Fundirung auf einem Pfahlrost freilich, wie bei dem spätern Umbau sich ergab, höchst sorglos ausgeführt war. Schon während des Baues hob sich der Boden und mufste durch Eisenballast gesichert werden. Die Quellen wurden dadurch aber nicht gestopft, und gleich nach dem Einbringen des ersten Schiffs im Jahre 1822 sah ich, dafs die grofsen Pumpen täglich in Betrieb gesetzt wurden. Als ich fünfzehn Jahre später dort war, wurde das Dock zwar noch benutzt, aber der Zudrang des Wassers hatte sich übermäfsig verstärkt. Eine grofse Anzahl Strahlen spritzte aus dem Boden empor, so dafs man kaum da-

Digitized by Google

zwischen gehn konnte, ohne von ihnen getroffen zu werden. In neuerer Zeit hat man dieses ganze Dock von innen massiv verkleidet, es auch mit einem verkehrt gewölbten Boden versehn, wodurch zwar seine Dimensionen beschränkt sind, es aber doch für kleinere Schiffe bequem benutzt werden kann.

Was den Abschluſs gegen den Hafen betrifft, so wird dieser gemeinhin durch ein Pontonthor dargestellt. Fig. 243 zeigt die Thorkammer, die zu demselben Dock gehört, dessen Querschnitt in Fig. 242 gezeichnet ist. In dieser Kammer schwimmt das Pontonthor, und man bemerkt, wie dasselbe, sobald es sich mit Wasser füllt, mit dem Kiel und den beiden Steven in die Falze herabsinken kann, welche durch punktirte Linien in der Mauer angedeutet sind. Man erbaute solche Pontons früher aus Holz und gab ihnen die Form eines Prahms, indem man sie zuweilen auch mit zwei Kielen und doppelten Steven versah, um, wie man meinte, einen dichteren Schluſs zu erhalten. Gegenwärtig führt man sie meist aus Eisenblech aus, und versieht sie nur mit einfachem Kiele und Steven. Indem das Pontonthor, wenn es in die Dammfalze eingesetzt oder daraus entfernt werden soll, sich bedeutend über das Wasser erheben muſs, ohne sich nach einer Seite überzuneigen, so muſs es in dem untern Theil so voll gehalten werden, daſs es durch diesen hinreichend getragen wird. Es erhält gemeinhin die eigenthümliche Form, daſs seine Breite zunächst über dem Kiel gröſser als weiter aufwärts ist, wo diese sich auf die geringe Breite einer Laufbrücke beschränkt.

Damit diese Pontons gleichmäſsig gehoben und gesenkt werden, und dabei ein Klemmen nicht stattfindet, so werden sie gewöhnlich durch dichte Zwischenwände in mehrere Abtheilungen zerlegt, so daſs in jeder derselben beliebig der Wasserstand durch Oeffnen von Ventilen gehoben oder durch die Pumpen gesenkt werden kann. Auch bringt man in diesen Pontons groſse, durch Schütze zu schlieſsende Canäle an, durch welche man das Dock mit Wasser füllt, oder letzteres nach dem Einbringen eines Schiffs abflieſsen läſst, sobald das Wasser im Vorhafen bei eintretender Ebbe sinkt. Damit der Kiel und die Steven sich wasserdicht an die innern Seiten der Falze anlehnen, werden sie, wenn sie aus Eisen bestehn, mit Holz verkleidet. Gewöhnlich werden die Pontons, sobald man sie vom Dock entfernt, in den Vorhafen verlegt, bei

Digitized by Google

dem Dock in Holyhead hatte man indessen daneben einen besondern kleinen Hafen für das Ponton eingerichtet. Letzteres durfte nur wenig vorgerückt werden, alsdann konnte es, ohne dafs es seine Richtung änderte, in diesen Hafen geschoben werden.

Aufser den Pontons wendet man vielfach gewöhnliche Stemmthore und zwar oft in Verbindung mit jenen an, wodurch man einen doppelten Verschlufs erhält und den Wasserdruck auf beide vertheilen kann. Das Ponton befindet sich in diesem Fall immer zunächst dem Hafen, wenn es aber allein den Abschlufs bildet, so versieht man das Dock zuweilen mit einem längeren Halse, worin sich mehrere Falze befinden, in welche man beliebig das Ponton einstellen kann. Hierdurch wird Gelegenheit geboten, das Dock nach Bedürfnifs etwas zu verlängern, indem der hintere Theil eines grösfern Schiffs in diesem Hals bleibt.

Es wäre noch zu bemerken, dafs nur selten ein Dock, welches zur Aufnahme grofser Schiffe bestimmt ist, während der Ebbe sich vollständig entleert, also der äufsere Wasserstand bis unter seine Sohle herabsinkt. Man kann daher im Allgemeinen die Pumpen nicht entbehren und dieselben werden um so mehr in Anspruch genommen, ein je höherer Wasserstand nach Ablauf der Ebbe darin zurückbleibt. Man darf aber bei Bestimmung der Höhenlage der Sohle keineswegs erwarten, dafs die einzubringenden Schiffe immer eben so sehr erleichtert werden, wie sie etwa in gewöhnlicher Weise auf eine Helling gezogen würden. Der Vorzug des Docks besteht nämlich eben darin, dafs jene Entlastung entbehrlich wird, und dafs bei einfachen Untersuchungen und Instandsetzungen das Schiff sogar vollständig ausgerüstet, und zuweilen selbst beladen in das Dock gebracht wird, woher es einen bedeutenden Tiefgang hat, und der Drempel in entsprechender Weise gesenkt werden mufs.

Die Trockendocks finden vorzugsweise in Häfen Anwendung, wo ein bedeutender Fluthwechsel stattfindet. Fehlt ein solcher, so wird theils ihre Ausführung wegen des dauernden hohen Wasserstands über ihrer Sohle erschwert, theils aber müssen auch beim jedesmaligen Gebrauch bedeutende Wassermassen ausgepumpt werden, woher ihre Benutzung zeitraubender und kostbarer wird. An der Ostsee kommen sie nur vereinzelt vor, und dasselbe ist am Mittelländischen Meer der Fall. Vielleicht würden sie aber auch

Digitized by Google

hier nicht erbaut worden sein, wenn die neueren Vorkehrungen, von denen im Nachstehenden die Rede ist, damals schon bekannt gewesen wären.

Eine andere bauliche Einrichtung, mittelst deren die Schiffe behufs auszuführender Reparaturen trocken gestellt werden, ist das Slip von Morton. Es besteht in einer Helling, die mit vier Eisenbahnsträngen versehn ist, auf welchen ein auf vielen Rädern ruhender Wagen auf- und abbewegt werden kann, der das Schiff trägt. Thomas Morton hatte 1818 hierauf ein Patent genommen, und seine Erfindung wurde nicht nur vielfach angewendet, sondern erregte auch so sehr die allgemeine Aufmerksamkeit, dafs das Unterhaus des Parlamentes 1832 eine besondre Commission ernannte, um hierüber Bericht zu erstatten. Die Commission vernahm nicht nur den Patentinhaber, welcher aussagte, er habe etwa 40 Slips eingerichtet, sondern auch mehrere Sachverständige, und erklärte darauf,*) Morton's Erfindung gehöre zu den sinnreichsten und nützlichsten, und sei von der höchsten Wichtigkeit für die Schiffahrt. Das Aufziehn eines grofsen Kauffartheischiffs habe früher 130 Liv. gekostet, während nach der patentirten Einrichtung die Kosten dafür nur 3 Liv. betragen. Dasselbe Verfahren lasse sich aber auch auf die gröfsten Kriegsschiffe anwenden. Sie beantragte daher, die Regierung möge den Erfinder belohnen, der bisher von seinem Patent nur wenig Vortheil gehabt habe.

Es mufs daran erinnert werden, dafs in damaliger Zeit die Eisenbahnen, wenn auch keineswegs unbekannt, doch vorzugsweise nur im Bergbau eingeführt waren, und daher der Vorschlag, solche grofse Massen, wie Seeschiffe, darauf zu stellen, nicht nahe lag und gewifs volle Anerkennung verdiente. Die ganze Anordnung, die ursprünglich gewählt war, hat man im Wesentlichen bis zur neusten Zeit beibehalten. Die bedeutendste Aenderung, die man später eingeführt hat, besteht in der Anwendung der Dampfkraft. Morton liefs die Winde nur durch Menschen in Bewegung setzen, aus den von der Commission angestellten Vernehmungen ergab sich aber, dafs schon im Jahre 1832 ein solches Slip in New-York durch Dampf getrieben wurde. Auf diese

*) Life of Th. Telford. London, 1838, pag. 324.

Digitized by Google

Verbesserung erhielt später für England ein andrer Schiffbauer ein besondres Patent.

Auf die Frage, welche Vorzüge diese Einrichtung vor der gewöhnlichen Helling und dem Trockendock habe, erklärte Morton:

1) sein Slip sei unter günstigen Umständen für den zehnten Theil der Kosten eines Trockendocks zu erbauen, und wo letzteres wegen des schlechten Baugrundes oder wegen des fehlenden Fluthwechsels unausführbar sei, lasse sich ersteres noch bequem darstellen;

2) man könne den ganzen Apparat versetzen und in ein Schiff verladen;

3) wo hinreichender Raum sei, lassen sich mehrere Schiffe auf dasselbe Slip hinter einander stellen. Oft sei dieses schon mit zweien geschehn;

4) das Schiff stehe frei über dem Grunde und selbst der Boden desselben sei dem Zutritt der Luft ausgesetzt. Die Ausbesserungen lassen sich daher bequemer und leichter bewirken, als im Trockendock. Im Winter habe man längere Zeit hindurch hinreichendes Licht, auch sei das Beibringen des Materials weniger beschwerlich;

5) man brauche beim Aufziehn des Schiffs keine Schmierplanken auszulegen, und das Schiff werde keiner nachtheiligen Pressung durch umgeschlungene Taue ausgesetzt, da der Zug nur auf den Wagen wirke, auf dem das Schiff steht;

6) ein Schiff könne in einer Fluthperiode aufgezogen, untersucht und wieder herabgelassen werden, und wenn ein zweites dahinter steht, so werde nicht, wie im Trockendock, die Arbeit an diesem unterbrochen;

7) das Aufziehn erfolge mit der Geschwindigkeit von $2^1/_2$ bis 5 Fufs in der Minute, und er rechne auf 100 Tons Ladungsfähigkeit sechs Mann, woher das ganze Manöver mit Einschlufs des Herablassens für ein Schiff von 300 bis 500 Tons nicht über 40 Schilling koste.

Die übrigen Sachverständigen widersprachen nicht diesen Angaben, hoben aber noch hervor, dafs dieses Slip auch in sofern der gewöhnlichen Helling weit vorzuziehn sei, als bei der letztern das Schiff, wenn es mit der halben Länge über ihrem untern

Digitized by Google

Ende schwebe und nur in seiner Mitte unterstützt werde, der Gefahr ausgesetzt sei, dafs der Kiel zerbreche.

Fig. 245 zeigt den Wagen von oben gesehn. Derselbe besteht ähnlich den Schlitten auf den Hellingen aus drei Langschwellen, von denen die mittlere unter dem Kiel des Schiffs und die beiden andern 10 bis 12 Fufs zur Seite liegen. Darüber befinden sich Querschwellen, die jedoch nicht über den ganzen Wagen reichen, sondern jedesmal mit einem Ende auf dem mittleren Balken liegen, und daher gegen einander versetzt sind. Sie sind etwa 10 Fufs von einander entfernt, und oben mit einer Nuthe versehn, in welche der Klotz eingreift, der, sobald der Kiel das Slip berührt, mittelst eines Taues nach dem Kiel gezogen wird, um dem Schiff die nöthige Seitenunterstützung zu geben. Oft legt man diese Querschwellen nicht unmittelbar auf die Seitenschwellen, sondern es befindet sich dazwischen noch eine Auffütterung, um dem Wagen schon die Form einer Rinne zu geben, so dafs jene Klötze einer geringeren Höhe bedürfen.

Die Langschwellen sind mit den Querschwellen verbolzt, aufserdem aber werden am vordern Ende des Wagens zwei starke Zugbänder von der mittlern nach den beiden äufsern Langschwellen geführt, damit der Zug der Kette sich auch auf diese überträgt. Unter den drei Langschwellen sind im Abstand von etwa 2 Fufs gufseiserne Rollen angebracht, die ungefähr 7 Zoll hoch und mit Spurkränzen versehn sind. Fig. 246 zeigt eine solche in der vordern und der Seitenansicht. Es ergiebt sich daraus die Art ihrer Befestigung an den gufseisernen Schuh, auf dem der Balken ruht. Unter dem mittlern Balken befinden sich immer je zwei solcher Rollen neben einander, unter den Seitenbalken stehn sie einzeln. Endlich bemerkt man am hintern Ende des Wagens noch zwei gleichförmig gekrümmte starke eiserne Schienen, die nur durch eine Achse an den mittlern Langbalken befestigt sind. Die Figur zeigt dieselben niedergelegt, und in dieser Art wird der Wagen herabgelassen. Sobald sich aber das vordere Ende des Schiffs auf den Wagen aufstellt, so werden dies Schienen mittelst Leinen aufgerichtet, und sie umfassen alsdann den noch schwimmenden Hintertheil des Schiffs und ziehn denselben genau in die Mittellinie des Wagens. Um aber die Stellung des letztern, während er ganz unter Wasser liegt, sicher zu erkennen, so be-

Digitized by Google

findet sich am äufsern Ende eines jeden Querbalkens ein aufwärts gerichteter eiserner Arm, der über Wasser reicht. An jeden dieser Arme wird auch das Tau gebunden, womit man nach dem Aufsetzen des Schiffs den auf dem gegenüberliegenden Querbalken befindlichen Klotz anzieht.

Die vier Schienenstränge, auf denen der Wagen läuft, sind auf fest gebettete Balken befestigt. Zwischen den beiden mittlern Schienen befindet sich aber noch eine gufseiserne gezahnte Stange, in welche mehrere am Wagen angebrachte Sperrkegel eingreifen, damit beim Brechen der Kette nicht etwa der Wagen mit dem Schiff zurückläuft.

Das Verfahren beim Aufziehn eines Schiffs ergiebt sich schon aus vorstehnder Beschreibung. Man schiebt den Wagen so weit herab, dafs sein vorderes Ende sich eben so tief unter Wasser befindet, wie das vordere Ende des Kiels, und zieht das Schiff in der Richtung der Bahn, deren Fortsetzung über Wasser sichtbar ist, darüber. Es setzt sich sogleich so hart auf, dafs es den Wagen etwas vorschiebt und dadurch schon einen hinreichenden Druck ausübt, um in dem Berührungspunkt durch die Reibung gehalten zu werden, da der Wagen in Folge der Sperrkegel nicht zurückgehn kann. Sollte aber die gehörige Richtung verfehlt sein, so mufs man das Schiff von dem Wagen zurückschieben, um die Verbindung zwischen beiden zu lösen, worauf das Aufbringen wiederholt wird. Sobald der Kiel vorn aufsteht, so hebt man vom Schiff aus die erwähnten beiden Schienen und legt sie gleichmäfsig an das Hintertheil des Schiffs, wodurch dieses in seiner ganzen Länge eingerichtet und in der passenden Richtung gehalten wird. Die Klötze, welche das Schiff gegen das Ueberneigen zur Seite sichern sollen, werden über den vordersten Querbalken mittelst jener an die eisernen Stangen befestigten Leinen scharf unter das Schiff gezogen, wie Fig. 244 zeigt. Nunmehr wird die Winde in Betrieb gesetzt, und da das Schiff noch vom Wasser getragen wird, so stellt sich bald der Kiel seiner ganzen Länge nach auf den Wagen. Alsdann müssen die übrigen Klötze auf den sämmtlichen Querbalken vorgeschoben werden, und sobald dieses geschehn, also das Schiff fest aufgestellt ist, läfst man die Maschine wieder an.

In neuerer Zeit erfolgt der Betrieb durch eine kleine Dampf-

Digitized by Google

maschine, welche in einen starken gufseisernen Cylinder Wasser pumpt und dadurch einen Kolben bewegt, der den Wagen mit dem Schiff nach sich zieht. Hat der Kolben seinen Weg beendigt, so hält man die Maschine an, und während der Wagen durch die erwähnten Sperrkegel sicher gehalten wird, läfst man den Kolben zurückgehn, beseitigt das vordere Glied der Kette, das der Länge des Cylinders entspricht, und verbindet die Kette wieder mit der Kolbenstange. Bei dem Slip in Dover waren die einzelnen Kettenglieder nahe 20 Fufs lang, und soweit wurde jedesmal das Schiff fortgezogen. Sobald das Schiff sich an der dafür bestimmten Stelle befindet, so wird es zwischen den Querbalken gegen Stapelklötze gestützt, die auf dem Boden liegen, und auf diesen durch eingetriebene Keile gehoben. Der Wagen aber, der alsdann frei geworden ist, läfst sich leicht in einzelne Theile zerlegen und beseitigen.

Beim Ablassen des Schiffs findet das entgegengesetzte Verfahren statt. Man setzt den Wagen unter dem Schiff wieder zusammen, treibt die Keile zwischen den Stapelklötzen rückwärts heraus, nachdem die zum Wagen gehörigen Klötze auf den Querschwellen vorgeschoben sind. Man darf indessen den Wagen nicht frei ablaufen lassen, weil er wegen der Rollen ohne Vergleich viel schneller, als das Schiff von einer gewöhnlichen Helling ablaufen würde, wobei leicht das Slip und das Schiff beschädigt werden könnten. Es mufs daher dafür gesorgt werden, dafs das Schiff mit mäfsiger Geschwindigkeit in das Wasser tritt. Will man zu diesem Zweck nicht eine besondere Bremsmaschine aufstellen, so kann man dazu wieder die hydraulische Presse benutzen, deren Cylinder man mit Wasser füllt, welches durch eine Oeffnung ausspritzt, während der Wagen an die Kolbenstange gehängt ist. Das Ablassen erfolgt in diesem Fall nach Maafsgabe der Gröfse der Ausflufsöffnung beliebig schneller oder langsamer und jedenfalls sehr sicher, doch wird es jedesmal unterbrochen, so oft die Kolbenstange ganz ausgezogen ist. Der Wagen bewegt sich aber, nachdem die Sperrkegel gehoben sind, jedesmal von selbst abwärts, da die Neigung des Slips meist in dem Verhältnifs von 1 zu 12 angenommen wird.

Morton hatte, als er das Patent nahm, ein Slip dieser Art auf seinem Werft in Leith ausgeführt. Seitdem sind solche vielfach

Digitized by Google

und in den verschiedensten Häfen in England eingerichtet. Auch in Deutschland findet man sie, mamentlich in Hamburg und bei Rostock. Am letzten Ort ist die Anlage in sofern wichtig, als in der Warnow kein merklicher Fluthwechsel statt findet, und daher der untere Theil des Slips hinter Fangedämme verlegt werden mufste. Auch im Hafen Bolderaa an der Mündung der Düna, wo der Fluthwechsel gleichfalls fehlt, ist ein solches Slip erbaut.

Wenige Jahre, nachdem in England das Patent hierauf genommen war, wurde in Amerika dieselbe Erfindung patentirt, wobei jedoch das Schiff in etwas andrer Weise auf den Wagen gestellt und unterstützt werden sollte.

Eine grofse Anzahl von Entwürfen zu Docks, die oft nur wenig von einander abweichen, ist in Amerika patentirt worden, doch könne hier nur diejenigen Erfindungen kurz berührt werden, welche wesentlich von einander abweichen, auch bei mehrfacher Anwendung sich brauchbar gezeigt haben.

Unter diesen verdient zunächst das schwimmende Dock Erwähnung, welches nach Maafsgabe der Länge des auszubessernden Schiffs aus mehreren Theilen zusammengesetzt wird, (Sectional floating Dock). Jeder dieser Theile besteht aus einem grofsen hölzernen oder eisernen Kasten, der das Schiff trägt und an dessen Seiten wasserdicht abgeschlofsne Räume zu gröfserer Höhe ansteigen, die theils als Seitenwände dienen, theils die Pumpen nebst Dampfmaschine enthalten, die theils aber auch, wenn Wasser eingelassen wird, das Dock so tief sinken lassen, dafs das Schiff hineinfahren kann. Ein solches und zwar in Holz erbautes Dock in New-York bestand aus sieben Theilen, und der zu jedem gehörige Kasten war 23 Fufs lang, 92 Fufs breit und nahe $9\frac{1}{2}$ Fufs hoch. Stellte man dieselben zusammen, so boten sie den nöthigen Raum, um ein 161 Fufs langes Schiff aufnehmen zu können. Der freie Raum zwischen den beiderseitigen Rüstungen war 64 Fufs breit. Jeder Kasten war im Innern so fest verstrebt, dafs er den ihn belastenden Theil des Schiffs tragen konnte, das in seiner Mittellinie stand. Der leere Raum in jedem Kasten hielt etwa 15 000 Cubikfufs Englisch, und indem derselbe ausgepumpt wurde, konnte er 8400 Centner tragen. Er wurde aber nicht nur durch das darauf

Digitized by Google

stehende Schiff, sondern auch durch die Rüstungen und die Maschinerie belastet.

Um alle Theile, die unter sich fest verbunden werden mufsten, gleichmäfsig zu belasten, waren sie nicht nur sämmtlich mit besondern Pumpen versehn, sondern es befanden sich an beiden Seiten jedes derselben noch zwei grofse mit schweren Gewichten belastete wasserdichte Kisten, die man nach Bedürfnifs über Wasser schweben oder eintauchen liefs, um an beliebiger Stelle eine stärkere Einsenkung oder Erhebung eintreten zu lassen. Durch zwei Dampfmaschinen, die auf den beiderseitigen Rüstungen aufgestellt waren, konnte man die sämmtlichen Pumpen in Bewegung setzen. Wollte man die Kasten aber mit Wasser anfüllen, so durften nur die Ventile geöffnet werden.

Das Verfahren beim Einbringen der Schiffe besteht darin, dafs man die nöthige Anzahl von Theilen, während sie schwimmen, mit einander fest verbindet, alsdann die Stapelklötze aufbringt, und nunmehr das Dock durch Anfüllen mit Wasser soweit sinken läfst, dafs das Schiff hineingezogen werden kann. Alsdann werden die Pumpen in Bewegung gesetzt und das Dock hebt sich so weit, dafs der Kiel die Stapelklötze berührt. Sobald dieses geschieht, mufs für die Seitenunterstützung gesorgt werden. Zu diesem Zweck schiebt man, wie auf dem Slip von Morton, die beweglichen Klötze an die Seitenwände des Schiffs. Läfst man demnächst wieder die Dampfmaschinen an, so steigt das Dock mit dem Schiff empor, und zwar bis über Wasser, so dafs es trocken steht und sowohl vollständig untersucht, als auch ausgebessert oder gekupfert werden kann.

Die Wassertiefe mufs an der Stelle, wo das Schiff ein- oder ausgefahren wird, etwa 10 Fufs gröfser sein, als das auszubessernde Schiff eintaucht. Aufserdem darf daselbst kein erheblicher Wellenschlag stattfinden.

Ein andres schwimmendes Dock stimmt in seiner Form und ganzen Einrichtung mehr mit dem gewöhnlichen Trockendock überein. Es besteht nicht wie jenes aus einzelnen Theilen, die man neben einander stellt, sondern bildet vielmehr einen in sich fest verbundenen Kasten, der auf beiden langen und einer kurzen Seite mit hohen und wasserdichten Wänden umgeben ist, während die vierte Seite durch eine wasserdicht anliegende

Digitized by Google

Klappe geschlossen werden kann. Das eingestellte Schiff wird in diesem Fall nicht allein durch den Boden, sondern durch das Dock selbst getragen, in welchem es steht. Man braucht dem Boden alsdann nicht die grofse Höhe zu geben, die derselbe im Sectionaldock haben mufste, und man erreicht hierdurch den Vortheil, dafs eine geringere Wassertiefe genügt. Auch die festere Verbindung des ganzen Apparats dürfte diese letzte Einrichtung zweckmäfsiger, als jene erste erscheinen lassen.

Ein schwimmendes Dock dieser Art wurde nach Amerikanischem Muster 1843 vom Schiffbauer Boelen in Oster-Dock bei Amsterdam ausgeführt. Der Boden, 143 Fufs lang, 60 Fufs breit und $3^1/_2$ Fuss hoch, bestand aus vier kreuzweise über einander gelegten theils Kiefern- und theils Eichen-Balken, die durch eine grofse Anzahl Bolzen mit einander verbunden und von allen Seiten mit wasserdichtem Bohlenbelag verkleidet waren. Die erwähnten drei Wände, gleichfalls aus Holz construirt und von innen wie von aufsen verkleidet, erhoben sich 20 Fufs über diesen Boden und waren an der äufsern Seite nicht senkrecht aufgeführt, vielmehr um 3 Fufs eingezogen. Ihre Krone war $5^1/_2$ Fufs breit, so dafs die beiden Längenwände oben einen Zwischenraum von 43 Fufs Breite frei liefsen. Unten näherten sie sich bis auf 30 Fufs, da jede Wand hier 15 Fufs breit war. Die vierte Seite wurde endlich durch ein hölzernes Thor geschlossen, das sich in seinem untern Rand um eine horizontale Achse drehte, die am Boden des Docks befestigt war. Das Thor legte sich, wenn es aufgerichtet wurde, in Falze an den Enden der Seitenwände. Für einen möglichst dichten Schlufs dieses Thors war zwar gesorgt worden, doch liefsen sich leicht die Fugen noch von innen abdichten, sobald das Dock ausgepumpt wurde. Dieses Thor diente auch zugleich zur Absteifung der beiden Seitenwände gegen einander, falls der Boden durchbiegen sollte. Auf der hintern Wand stand eine kleine Dampfmaschine zum Betriebe der Pumpen und neben ihr eine Arbeiter- und Wächterbude.

Das Dock lag an einer hinreichend vertieften Stelle des durch eine Schleuse geschlossenen Binnenhafens, und zwar zwischen vier Duc-d'Alben. An letztere war es nicht nur durch Ketten befestigt, sondern wurde auch durch Reibhölzer so gehalten, dafs es

Digitized by Google

sich senken und wieder heben konnte, ohne in horizontaler Richtung seine Stelle zu verändern*).

Bei der Benutzung dieses Docks wurden die bereits beschriebenen Vorsichts-Maafsregeln zur gleichmäfsigen Unterstützung des Kiels in der Form, die er im Wasser angenommen hatte, mit Sorgfalt angewendet. Auf ein grofses Reifsbrett hatte man die in geringen Abständen gemessenen Tiefen des Kiels im Maafsstabe von 1 zu 12 aufgetragen und hiernach die Stapelklötze verlegt. Um aber das Schiff sowohl in die Mittellinie des Docks, als auch der Länge nach gehörig einzustellen, traten aus den Wänden des Docks in horizontaler Richtung starke Balken hervor, die mit Maafsen versehn waren und sich vor- und zurückschieben und sicher befestigen liefsen, um dem Schiff die nöthigen Stützpunkte zu bieten. Aufserdem wurden noch, wie in einem festen Dock, vielfache Streben eingestellt. Das Auspumpen des Docks, wobei nur das Wasser aus dem Boden desselben geschöpft wird, indem der Raum, worin das Schiff steht, sich von selbst entleert, oder schliefslich mit dem Boden in Verbindung gesetzt wird, soll in weniger als zwei Stunden erfolgen. Noch schneller geschieht das Ausbringen des Schiffs, wovon ich einst mich zu überzeugen Gelegenheit hatte. Eine Corvette mit voller Takelage stand im Dock. Letzteres war noch leer, woher man bis unter den Kiel herabsteigen konnte, nachdem jedoch die Ventile geöffnet waren, sank das Dock sogleich herab, das grofse Thor schlug um, die Corvette schwamm wieder, und ehe noch eine Viertelstunde seit dem Oeffnen der Ventile verflossen war, konnte das Schiff aus dem Dock geholt werden.

Ohne Zweifel sind die schwimmenden Docks, und namentlich dieses zuletzt beschriebene, für Häfen, in denen nicht Fluth und Ebbe stattfindet, überaus vortheilhaft. Das Amsterdamer Dock kostete noch nicht den siebenten Theil derjenigen Summe, welche für ein festes massives Trockendock veranschlagt war, wobei aber leicht dieselben Uebelstände wie bei jenem im Nieuwe-Diep noch eingetreten wären. Nichts desto weniger ist nicht zu verkennen, dafs in dem schwimmenden Dock gewisse Formverände-

*) Annales des travaux publics en Belgique. Tome IV. Bruxelles 1846. pag. 157.

Digitized by Google

rungen des Bodens, wie der Seitenwände unvermeidlich sind, und daher bei ihrem Gebrauch gröfsere Schiffe nicht so vollständig gegen Ausbauchungen gesichert werden können, wie in massiven Docks.

Fig. 268 auf Taf. XLVI zeigt den Querschnitt desjenigen schwimmenden Docks, welches 1866 die Niederländische Regierung im Hafen Soerabaija an der Madurastrafse auf Java aufstellen liefs. Es befand sich daselbst, wie auch auf der benachbarten kleinen Insel Onrust bereits je ein hölzernes schwimmendes Dock, doch waren diese nicht grofs genug, um die Schiffe der Kriegsmarine aufzunehmen. Man führte dieses aber ganz in Eisen aus, weil man davon eine gröfsere Dauer und mindere Reparaturen sich versprach. Das Project dazu war von den Ingenieuren A. E. Tromp und J. Strootman entworfen, und die Ausführung wurde nach einem allgemeinen Ausgebot, worauf grofsentheils ausländische Fabrikanten Anerbietungen gemacht hatten, der Maschinenbau-Anstalt von van Vlissingen und von Heel in Amsterdam übertragen *).

Das Dock besteht nicht aus einzelnen Theilen, die nach Maafsgabe der Gröfse des aufzunehmenden Schiffs zusammengeschoben werden, sondern es bildet einen fest verbundenen Stapelplatz von 287 Fufs Länge. Seine äufsere Breite beträgt $76\frac{1}{2}$ Fufs. Es ist zusammengesetzt aus einem Bodenkasten von 8 Fufs Höhe und von der vorstehend angegebenen Länge und Breite, und aus zwei Seitenwänden, die wie die Figur zeigt, unten 19 und oben nahe 5 Fufs breit sind. An den beiden schmalen Seiten fehlen die Wände. Der Bodenkasten besitzt soviel Tragfähigkeit, dafs, wenn er ausgepumpt und mit einer vollständig ausgerüsteten Schraubenfregatten (3000 Tons wiegend) belastet ist, er nur 7,9 Fufs eintaucht, also der Holzbelag noch über Wasser liegt.

Die stark ausgezogenen Linien in der Figur bezeichnen die wasserdichten Wände. Diese umschliefsen aber nicht nur die innern Räume, sondern trennen auch dieselben von einander, weil

*) Verhandelingen van het koninklijk Instituut van Ingenieurs, 1865—1866. Die Details der Construction sind darin durch sehr ausführliche Zeichnungen dargesellt.

Digitized by Google

sonst bei etwas schräger Stellung die gesammte darin befindliche Wassermasse nach der niedrigsten Stelle fliefsen und dadurch die Neigung noch verstärken würde. In der Breite des Docks sind drei wasserdichte Zwischenwände, in der Länge desselben aber sechs solche angebracht. Das ganze Dock ist also in 28 von einander getrennte Räume zerlegt, von denen die äufsern sich bis zur ganzen Höhe der Seitenwände fortsetzen. In jedem einzelnen dieser Räume kann durch Ventile oder Schütze, die von oben, oder aus den Pumpenstuben zu bewegen sind, Wasser eingelassen oder daraus ausgepumpt werden. Hierdurch läfst sich nicht nur das Dock stets in horizontaler Lage erhalten, sondern man kann dadurch auch Biegungen verhindern, die bei ungleichmäfsiger Belastung sonst eintreten würden. Wenn beispielsweise nur ein kurzes Schiff gedockt wird, so belastet dieses nicht die beiden Enden des Bodens, und wenn man unter diesen das Wasser eben so weit auspumpen wollte, wie in den mittleren Räumen, so würden die Endräume stark aufwärts gedrängt werden. Man mufs also in diesen einen höhern Wasserstand, als in der Mitte erhalten.

Will man das Dock heben, so werden vier Centrifugal-Pumpen durch zwei Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt. In der Mitte jeder Langwand befindet sich eine Hochdruckmaschine von 20 Pferdekräften und zwei Pumpen. Die Figur zeigt auf der linken Seite den Durchschnitt durch den Maschinenraum mit dem Dampfkessel und die Pumpenstube, die mit wasserdichten Wänden umschlossen sind, da sie bei der Aufnahme oder beim Austritt eines Schiffes tief unter Wasser herabsinken. Daneben befindet sich die Maschine mit liegendem Dampfcylinder, die zwei grofse Riemscheiben treibt, und diese setzen zwei solche kleinere in Bewegung, an deren Achsen die Kreisel der Pumpen befestigt sind. Das Wasser wird durch abwärts gerichtete konische Röhren unmittelbar über dem Boden geschöpft und von jeder Pumpe durch ein 15 Zoll weites Rohr seitwärts ausgegossen. Eins dieser Rohre mit der Ausgufs-Oeffnung zeigt die Figur bei *A*. Ein zweites Rohr mündet unterhalb dieser Oeffnung bei *B*, und letzteres dient zum Einlassen des Wassers und zur Anfüllung der verschiedenen Räume, wohin gufseiserne Röhren sowohl in der Längen-, wie in der Quer-Richtung führen. Jede dieser Oeff-

Digitized by Google

nungen wird auf der Aufsenseite des Docks durch ein Schütz geschlossen, das von der obern Laufbrücke aus gehoben oder herabgelassen werden kann. Endlich befindet sich in der Decke jedes einzelnen dieser wasserdicht abgeschlossenen Räume noch ein Ventil, durch welches die Luft hinein- oder herausgelassen wird, wenn man den Raum auspumpen oder mit Wasser anfüllen will. Die vier Pumpen sind so kräftig, dafs sie das Dock, wenn es nahe bis an die Laufbrücken herabgelassen und das gröfste Schiff hineingebracht ist, in zwei Stunden vollständig heben, also das Schiff trocken steht. Das Herablassen erfolgt, da das Wasser unter stärkerem Druck einströmt, noch schneller.

Die Figur deutet in der rechtseitigen Hälfte, wo sie nicht den Maschinen- und Pumpen-Raum durchschneidet, die Construction und die im Innern angebrachten Verstrebungen an. Das Schiff, dessen Querschnitt eingezeichnet ist, ist eine der gröfsten Schrauben-Corvetten der Niederländischen Kriegsmarine, Namens Adolf, Herzog von Nassau.

Bevor ein Schiff eingebracht wird, mufs, wie bereits erwähnt worden, die Einsenkung des Kiels in kurzen Entfernungen genau gemessen werden, und hiernach verlegt man, während das Dock gehoben war, die Stapelklötze, auf welche der Kiel sich aufstellt. Diese müssen auch gehörig befestigt werden, damit sie nicht aufschwimmen, noch auch ihre Lage verändern.

Ist darauf das Dock so tief versenkt, dafs das Schiff einfahren kann, ohne die Stapelklötze zu berühren, so kommt es zunächst darauf an, es genau in die Mittellinie und auch nach der Längenrichtung es an die passende Stelle zu legen. Letzteres geschieht durch Taue, die nach vorn und hinten ausgebracht werden, um es aber in die Achse des horizontal schwimmenden Docks zu bringen, werden von den Laufbrücken aus an jeder Seite drei, einander gegenüberstehende starke Hölzer mittelst Zahnstangen und Getrieben gegen das Schiff soweit vorgeschoben, dafs sie das noch frei schwimmende Schiff fest halten, während die darauf angebrachten Maafsstäbe erkennen lassen, dafs die gegenüber befindlichen Theile der Schiffswand von den Laufbrücken gleich weit entfernt sind. Ist dieses geschehn, so läfst man die Pumpen an. Indem nunmehr der Boden des Docks sich hebt, so stellt sich der Kiel auf die Stapelklötze. Durch diese würde

Digitized by Google

das Schiff aber nicht verhindert werden, beim fernern Heraustreten aus dem Wasser seine lothrechte Stellung zu verlassen und sich seitwärts überzuneigen. Jene durch Zahnstangen seitwärts dagegen gepreſsten Hölzer sind aber zu schwach, als daſs sie das Schiff halten könnten.

Um das Ueberneigen des Schiffs zu verhindern, wird es nunmehr an der Stelle, wo der mehr oder weniger geneigte Boden in die Seitenwände übergeht, also in der Kimmung unterstützt. Dieses geschieht durch die sogenannten Kimmblöcke. Dieses sind kreuzweise über einander gebolzte Balkenstücke, die auf Eisenbahnschienen ruhn und in der Quere des Docks verschoben werden können. In ihren obern Flächen schlieſsen sie sich ungefähr der Schiffsform an den Stellen an, wo sie die Unterstützung bilden sollen. Sie sind zunächst an die Wände des Docks zurückgeschoben, damit sie von dem Schiff, so lange es schwimmt, nicht berührt werden. Man hat sie aber durch kräftige Flaschenzüge mit Ringen in der Mittellinie des Docks verbunden und die betreffenden Zugleinen über Rollen so geführt, daſs sie von den auf der Laufbrücke stehenden Winden angezogen werden können. In solcher Art werden gleichzeitig immer je zwei einander gegenüber stehende Kimmblöcke unter die Seiten des Schiffs fest eingeschoben, während es gröſstentheils noch vom Wasser gehoben wird und sich nur so eben auf die Stapelklötze aufgestellt hat. Die Figur zeigt zwei solche Kimmblöcke, von denen jedoch der eine noch nicht vorgeschoben ist. Das Schiff ist alsdann bereits sehr vollständig unterstützt, der gröſsern Sicherheit wegen werden indessen schlieſslich noch Steifen auf beiden Seiten angebracht. Zu diesem Zweck sind auf mehrere Bankete starke Balken gestreckt und durch Eckeisen in ihrer Lage befestigt. In eisernen Schuhen auf denselben stehn Stützen, die man zurückschlagen oder an die Schiffswände lehnen kann, worüber alsdann starke Knaggen befestigt werden. Zwei solche sind gleichfalls in den verschiedenen Stellungen in der Figur sichtbar.

Unter den verschiedenen schwimmenden Docks muſs noch des sogenannten Balance-Docks gedacht werden. Dasselbe stimmt mit den so eben beschriebenen sehr nahe überein, und unterscheidet sich von diesen nur dadurch, daſs gemeinhin nicht in ihm die Reparatur des Schiffs vorgenommen wird, es vielmehr

Digitized by Google

nur als Transportmittel dient, um dieses sicher und ohne die gleichmäfsige Unterstützung auch nur momentan aufzuheben, auf die Helling oder den horizontalen Stapelplatz auf dem Ufer zu bringen. Seinen Namen führt es von den verschiedenen abgeschlossenen Räumen, durch deren passende Anfüllung und Entleerung es sich so balanciren läfst, dafs es bei den verschiedenen Belastungen stets horizontal schwimmt. Diese Bedingung ist bei demselben noch dringender als bei den andern Docks, da das Schiff in ihm nicht unmittelbar auf dem Boden des Luftkastens, sondern auf einer darüber gestreckten Eisenbahn steht, und diese sich an ihre Fortsetzung auf dem Ufer scharf anschliefsen mufs*).

Das Schiff wird, nachdem das Dock hinreichend gesenkt ist, über den auf der Eisenbahn stehenden langen Wagen in gleicher Weise, wie beim Mortonschen Slip, aufgestellt. Alsdann pumpt man die Luftkasten aus, damit das Dock sich so weit hebt, dafs es in den kleinen Dockhafen eingebracht werden kann. Derselbe ist in seiner ausgemauerten Sohle, die auch aus Béton oder aus einem Balkenrost besteht, genau horizontal abgeglichen und gemeinhin im Eingang mit wasserdichtem Abschlufs gegen ungewöhnliches Hochwasser versehn. Auf diesen Boden wird das Dock aufgestellt und und zwar in solcher Richtung, dafs die darauf befindliche Eisenbahn sich an eine der auf dem Ufer liegenden Eisenbahnen anschliefst. In ihrer Höhe stimmen die Bahnen mit der auf dem Dock überein, das auf der Sohle des Hafens steht, das Dock mufs aber, während es noch schwimmt, nicht nur an die passende Stelle und in passende Richtung gebracht werden, sondern es mufs zugleich horizontal schwimmen und beim weitern Herabsinken mit seiner ganzen Grundfläche sich gleichzeitig auf die Sohle aufstellen. Sollte eine Kante oder eine Ecke des Bodens früher den Grund berühren, so würde es sich später um diese drehn und dadurch die Richtung gegen die Eisenbahn verlieren.

Diese Balance-Docks wurden gegen das Jahr 1850 zuerst in Nordamerika erbaut. Ihr eigentlicher Zweck ist nach Vorstehendem

---

*) In der Zeitschrift für Bauwesen 1866 Seite 170 wird das in Pola erbaute Balance-Dock eingehend beschrieben und auch über Andere Verschiednes mitgetheilt.

Digitized by Google

nur das Auf- und Abbringen grofser Schiffe auf die Baustellen, die so hoch liegen, dafs das Wasser nicht darüber tritt, wenn aber etwa zwei Eisenbahnen von diesem Hafen ausgehn und so lang sind, dafs darauf zwei Schiffe hinter einander stehn können, so genügt ein Dock, um vier Schiffe auf die Stapelplätze zu bringen und ist dieses geschehn, so kann noch ein fünftes in dem Dock selbst ausgebessert werden. Das Hinüberschieben der Schiffe geschieht wie auf den Slips durch hydraulische Pressen, und zwar hier um so leichter, als alle Bahnen horizontal liegen. Wo mäfsiger Fluthwechsel stattfindet, wird das Verfahren beim Versetzen des Docks noch etwas bequemer, weil das Pumpen zum Theil nicht nöthig ist, doch auch in Häfen ohne Fluthwechsel steht der Anlage solcher Docks nichts entgegen.

Die schwimmenden Docks sind unverkennbar sehr ähnlich einer viel ältern Vorrichtung zum Heben der Schiffe, um letztere über untiefe Stellen fortzubringen. Dieses sind die sogenannten Kameele. Die Niederländer erheben daher den Anspruch, dafs die schwimmenden Docks von ihnen erfunden seien. Im Jahr 1691 erbaute Meeuwes die ersten Kameele, um tiefgehende Schiffe aus dem Zuiderzee über den Pompus in das Y zu bringen. Die feste Verbindung zweier Kameele zu einem schwimmenden Dock, also zum Zweck von Schiffsreparaturen, ist dagegen unzweifelhaft zuerst in Nordamerika ausgeführt, woselbst Gilbert im Jahr 1839 sich ein Patent darauf geben liefs.

Schliefslich mufs noch einer wesentlich verschiedenen Methode zum Heben der Schiffe erwähnt werden, die mit manchen Modificationen in Amerika patentirt ist*). Eine fest verbundene und namentlich gegen Durchbiegung gesicherte Bühne hängt an ihren beiden langen Seiten an einer grofsen Anzahl Eisenstangen oder Ketten. Diese sind an Rüstungen befestigt und können mittelst mechanischer Vorrichtungen gesenkt und gehoben werden. Die Bühne, die in ihrer Länge und Breite den nöthigen Raum zur Aufnahme der Schiffe bieten mufs, wird so weit herabgelassen,

*) Beschreibungen davon findet man in dem Werke: The naval dry docks of die united states, by Charles Stuart. New-York 1852. Dieses Buch zeichnet sich indessen mehr durch luxuriöse Ausstattung, als durch Klarheit und Vollständigkeit der Beschreibungen und Zeichnungen aus.

Digitized by Google

dafs letztere schwimmend darüber gebracht werden können. Alsdann setzt man jene mechanischen Vorrichtungen in Thätigkeit. Diese bestehn zuweilen in Schrauben, gewöhnlich aber in hydraulischen Pressen. Im letzten Fall nennt man die ganze Vorrichtung ein hydraulisches Dock. Der Boden wird mit dem darauf stehenden Schiff soweit gehoben, dafs er über Wasser schwebt, worauf die nöthigen Untersuchungen und Ausbesserungen daran vorgenommen werden können.

In dem Victoriadock in London ist dasselbe Verfahren, jedoch mit einer wesentlichen Aenderung angewendet worden. Der bewegliche Boden oder die Bühne besteht nämlich aus einem hohlen eisernen Kasten von solcher Höhe, dafs er mit dem darauf stehenden Schiff auf dem Wasser schwimmt. Die hydraulischen Pressen ersetzen aber in diesem Fall nur die Pumpen, der Boden wird nämlich so hoch gehoben, dafs das Wasser daraus abfliefst. Hierauf wird die Ausgufsöffnung geschlossen und der Boden oder der Kasten herabgelassen, bis er frei schwimmt und das Schiff über Wasser hält. Man hat jedoch mehrere solcher Böden, und sobald einer in dieser Art befrachtet ist, so löst man seine Verbindung mit den hydraulischen Pressen und führt ihn in eine der sieben Kammern, die radial an das Bassin sich anschliefsen, und die nur so tief sind, dafs ein Boden mit dem darauf stehenden Schiff schwimmend hineingebracht werden kann. Durch Einlassen von Wasser stellt sich also der Boden auf die aus Béton gebildete Sohle auf, so dafs das Schiff während der Reparatur nicht mehr schwimmt. Dieses Bassin mit den Kammern ist aber durch eine Dockschleuse gegen das Eintreten von hohem Wasser gesichert*).

Zu den Schiffsbau-Anstalten gehört noch der Mastenrichter, der früher nur zum Heben der Masten, gegenwärtig aber auch zum Einsetzen der Kessel in die Dampfschiffe benutzt wird, und der bei dem sehr grofsen Gewicht derselben viel fester construirt werden mufs, als sonst erforderlich war. In früherer Zeit war es üblich, hölzerne vielfach verstrebte Rüstungen, zuweilen von sehr grofser Höhe, zu erbauen, welche einen festen, oder auch wohl einen drehbaren Ausleger trugen,

*) Annales des ponts et chaussées 1862. II. pag. 141.

Digitized by Google

an dem die Masten aufgewunden und in die Schiffe gestellt wurden.

Heutiges Tages hat sich im Allgemeinen die Construction sehr vereinfacht. Selbst auf bedeutenden Schiffsbaustellen besteht der Mastenrichter nur aus einem zweischenkligen Bock. Zwei starke und hohe Bäume, oft Blechröhren, sind am Rande des Ufers schräge gegen einander gestellt, und berühren sich oben entweder unmittelbar, in welchem Fall sie durch Bolzen verbunden sind, oder gemeinhin liegt ein kurzer Holm darüber, der die Gelegenheit bietet, zwei Flaschenzüge anzubringen, wodurch die Kessel in der passenden Richtung gehalten werden. Die eisernen, meist kugelförmig abgerundeten Schuhe der Schenkel stehn in entsprechenden Pfannen, für deren Unterstützung sowohl in verticaler, wie in horizontaler Richtung gesorgt sein mufs. Der Bock kann alsdann mittelst zweier Spannketten beliebig mehr oder weniger über das Ufer geneigt werden. Nähert er sich der verticalen Stellung, so wird der Kessel auf einer Eisenbahn, die etwas über das Ufer hinausreicht, beigefahren und angehoben, alsdann läfst man den Bock soweit übergehn, bis der Kessel über der Oeffnung im Deck des Schiffs schwebt, in welche er herabgelassen wird. Damit aber das Schiff unmittelbar an das Kai anlegen kann, werden die letzten Langschwellen der Bahn zurückgezogen, sobald der Kessel vom Wagen abgehoben ist und an dem Bock hängt. Zuweilen sind die Spannketten so fest gestellt, dafs sie nicht angezogen werden können. In diesem Fall bleibt die Neigung des Bocks unveränderlich dieselbe, und man mufs alsdann den Kessel auf einem Prahm darunter bringen, und ihn von diesem abheben.

Bei den gröfsten Mastenrichtern ersetzt man die Spannketten durch einen dritten steifen Schenkel. Der Fufs des letztern bewegt sich auf einer Bahn, die ihn nicht nur unterstützt, sondern durch die er auch zurückgehalten wird. Auf diese Art kann man den Kopf des Bocks rückwärts über das Ufer stellen, und auf einer festen Bahn den Kessel darunter bringen. Zur Bewegung des Fufses des dritten Schenkels dient gemeinhin eine 6 bis 8 Zoll starke eiserne Schraube, die durch eine Dampfmaschine gedreht wird, welche zugleich den Kessel aufwindet.

In Southampton, wo in die gröfsten transatlantischen Dampf-

Digitized by Google

schiffe Kessel eingesetzt und ausgehoben werden, steht der dritte Schenkel auf einem Eisenbahnwagen, der auf zwölf Räderpaaren ruht und zugleich die Dampfmaschine trägt. Ein zweiter zweibeiniger Bock, den eine Spannkette anzieht, hält mittelst einer Kette an einem starken Flaschenzug den Bock zurück, wenn dieser mit der daran hängenden Last sich nach der Hafenseite über neigt. Der Kessel wird auf einer Eisenbahn unter den Kopf des zurückgezognen Bocks gebracht, alsdann windet die Dampfmaschine die aus einzölligem Eisen geschmiedete Kette an, die über 2 sechsscheibige Blöcke läuft. Sobald der Kessel gehoben ist, läfst man den erwähnten Wagen, auf dem der dritte Schenkel steht, so weit vorgehn, bis der Kopf des Mastenrichters in den erforderlichen Abstand vor das Ufer tritt, und nunmehr wird der Kessel mittelst kräftiger Bremsen herabgelassen. Nach meiner Schätzung erhob sich der Bock etwa 90 Fufs über das Kai. Seine drei Schenkel waren wie die Masten der Kriegsschiffe aus einer grofsen Anzahl gerader Baumstämme zusammengesetzt, welche in geringen Abständen starke Zugbänder verbanden.

Digitized by Google

Digitized by Google

Zwölfter Abschnitt.

Landmarken.

Digitized by Google

Digitized by Google

§ 90.

Baaken und Buoyen.

Der Zweck und die allgemeine Anordnung der verschiednen Landmarken ist bereits in § 30 ausführlich erörtert. Es bleibt nur übrig, die Construction und Einrichtung derselben zu bezeichnen. Ein wesentlicher Unterschied beruht darauf, dafs sie zum Theil bei Tag, zum Theil aber in der Nacht sichtbar sein sollen. Im ersten Fall müssen sie sich als möglichst grofse Flächen von auffallender Form und Farbe zeigen, im letzten Fall dagegen wird auf ihnen ein hell brennendes Licht unterhalten und um sie selbst bei starkem Schneefall oder im Nebel bemerklich zu machen, hat man in neuerer Zeit noch verschiedene Schallsignale damit verbunden. Dabei ist man immer bemüht, gewisse Unterschiede einzuführen, woran sie zu erkennen sind und wodurch einer Verwechslung mit andern in der Nähe befindlichen Marken sicher vorgebeugt wird. Indem aber der Schiffer am Compas die Richtung abliest, in der er die Marke sieht, und dieses nach einiger Zeit wiederholt, während er inzwischen die Richtung und die Geschwindigkeit seiner Fahrt beobachtet, so kann er hieraus leicht seine Entfernung von der Marke bestimmen.

Ein andrer wichtiger Unterschied in den Landmarken bezieht sich darauf, dafs entweder der Schiffer nur beim Vorbeifahren sich nach ihnen orientirt und sein Besteck berichtigt, oder dafs sie bestimmte enge Fahrwasser und namentlich die Mündungen der Häfen bezeichnen. Haben sie den ersten Zweck, so müssen sie mehrere Meilen weit sichtbar sein, und damit sie durch die Krümmung der Erde nicht verdeckt werden, so erfordern sie auch einen hohen Standpunkt, um innerhalb der Grenzen ihrer Wahrnehmbarkeit nicht unter dem Horizont zu verschwinden.

Digitized by Google

Diese Bedingung gilt eben so wohl für die Tag- wie für Nachtmarken, da jedoch die letzten, also die Leuchtthürme, zugleich die bedeutendsten Tagmarken sind, so wird bei Gelegentheit dieser hierauf zurückgekommen werden.

Endlich sind die Marken noch insofern von einander verschieden, als sie theils auf dem Ufer, oder isolirten Felsen, oder auf Sandbänken erbaut werden, also auf dem Erdboden *stehn*, theils aber auf dem Wasser *schwimmen*. Beide Arten der Aufstellung kommen wieder eben sowohl bei den Tag- wie bei den Nachtmarken vor.

Die Tagmarken auf den Ufern oder auf Untiefen, nennt man *Baaken*, diejenigen dagegen, welche schwimmen, *Buoyen*. Die erstern sind zuweilen hohe Gebäude, entweder massiv, oder aus Holz construirt, zuweilen bestehn sie aber nur aus einfachen Rüstungen. Die Landmarke, welche die Lage des Pillauer Hafens bezeichnet, ist bereits § 52 beschrieben. Auf dem Streckelberge, 3 Meilen westlich von Swinemünde, steht eine hohe dreiseitige Pyramide, und eine ähnliche vierseitige wurde später auf der höchsten Kuppe der Dünen neben Stilo, etwa 3 Meilen östlich von Leba, erbaut. Die Leuchtthürme selbst, sowie Kirchen, alte Schlösser und andre Gebäude werden gleichfalls von den Schiffern als Landmarken benutzt. Um endlich einzelne Klippen in der Nähe der Fahrwasser kenntlich zu machen, errichtet man zuweilen auf denselben massive Säulen, wie dieses vor Marseille und in der Mündung der Clyde geschehn ist.

Wenn die Baaken nur *Rüstungen* sind, so haben sie gewöhnlich den Zweck, Fahrwasser zu bezeichnen. Zwei derselben stehn alsdann in der verlängerten Mittellinie desselben, doch müssen sie verschieden bezeichnet sein, damit man vom einkommenden Schiff aus erkennen kann, welches die vordere und welches die hintere ist. Letztere ist gemeinhin die höhere. Die verschiedene Bezeichnung geschieht durch kreisförmige oder drei- oder vierseitige Flächen. Indem diese aber wegen der nöthigen Gröfse den Stürmen nicht widerstehn und sogar leicht den Bruch der Baaken veranlassen könnten, so stellt man sie durch *Gitterwerke* von Latten dar. Haben dieselben den freien Horizont zum Hintergrund, so kann man sie bei klarer Luft schon aus weiter Ferne erkennen und zwar meist um so deutlicher, je dunkler

Digitized by Google

sie gefärbt sind. Bei stark bewölktem Himmel, oder wenn man sie etwa vor einem dunkeln Walde sieht, sind sie bei heller Färbung besser zu unterscheiden. Im Allgemeinen eignet sich für sie am meisten die braunrothe Farbe.

Dafs diese Baaken vielfach noch in andrer Art als Signale benutzt werden, ist bereits in § 30 erwähnt. Nicht selten wird eine, und zwar die vordere, so eingerichtet, dafs die aufrecht stehende Ruthe derselben mit einer Flagge versehn und nach beiden Seiten geneigt werden kann. Diese Baake nennt man eine Winkbaake. Mit ihr geben die Lootsen, wenn sie das einkommende Schiff nicht besetzen können, das Zeichen, dafs mehr rechts oder mehr links gesteuert werden soll. In manchen Häfen, wie beispielsweise in Pillau, sind die Baaken, welche die Einseglungslinie aus der See bezeichnen, so eingerichtet, dafs sie sämmtlich niedergelegt werden können. Dieses geschieht, wenn nach Ansicht der Lootsen das ankommende Schiff die Barre nicht passiren kann, oder der Uebergang mit augenscheinlicher Gefahr verbunden ist. Wie sehr aber die Gefahr für das Schiff sich noch vergröfsert, wenn in solchem Fall die Marken, die das Fahrwasser bezeichnen, ihm plötzlich entzogen werden, ist bereits § 52 erwähnt. In neuerer Zeit geschieht dieses daher auch nicht mehr.

Demnächst bezeichnet man an den Baaken auch nicht selten die Tiefe des Fahrwassers, und zwar geschieht dieses durch grofse Ballen, die man an einen Querarm hängt. So ist zum Beispiel auf allen Lootsenstationen im Stralsunder Regierungsbezirk das Signalement in der Art eingeführt, dafs ein Ballen am Top der Baake den mittleren oder den täglichen Wasserstand bedeutet, und jede Kugel, welche an der darunter befindlichen Raa hängt, besagt, dafs der Wasserstand um 3 Zoll höher ist. Sieht daher der Schiffer, oder der Lootse, der das Schiff schon besetzt hat, beispielsweise aufser dem Ballen am Top drei andre an der Raa, so weifs er, dafs das Wasser 9 Zoll über Mittelwasser steht. Wenn dagegen der Ballen am Top fehlt, so zeigen die an der Raa hängenden, um wie viel Viertelfufse der Wasserstand unter dem mittlern ist. In den Häfen, wo ein starker Fluthwechsel stattfindet, wird häufig der Eintritt der halben Fluth bei Tage durch Aufziehn einer Flagge und

Digitized by Google

bei Nacht durch Anzünden des Hafenfeuers bezeichnet. Sobald dagegen das Wasser bei der Ebbe wieder den mittlern Stand erreicht hat, so werden beide Signale beseitigt.

In den Französischen Häfen am Canal und am Atlantischen Meer wird der Wasserstand auch durch Kugeln bezeichnet, die man an einen mit horizontaler Raa versehenen Mast hängt. Sobald die Fluth bis 2 Meter über den in den Seecharten angegebenen niedrigsten Stand gestiegen ist, so hängt man eine Kugel an den Kreuzungspunkt des Mastes mit der Raa. Jede am Mast darüber aufgebrachte Kugel bezeichnet 2 Meter, und jede darunter befindliche 1 Meter mehr. Eine Kugel auf der rechten Seite der Raa bedeutet 0,50 und auf der linken Seite 0,25 Meter. Sieht der Schiffer beim Einkommen also beispielsweise aufser der Kugel am Kreuzpunkte noch eine darüber und links eine, so zeigt dieses an, dafs der Wasserstand 4,25 Meter über dem niedrigsten ist. In neuster Zeit hat man auch versucht, durch weifses, rothes und günes Licht, die verschiedenartig gruppirt sind, den Wasserstand in der Nacht bis auf $^1/_4$ Meter zu markiren, doch sind diese Signale nicht allgemein eingeführt, auch wohl weniger leicht zu entziffern.

Demnächst wird in manchen Häfen die Richtung des Stroms kenntlich gemacht, besonders wenn diese allein von der Witterung abhängt, also aus den Fluthtabellen nicht entnommen werden kann. Der Strom versetzt aber das Schiff in einem engen Fahrwasser, also im Seegatt, ganz anders, wenn er ein- und wenn er ausläuft. Die Kenntnifs seiner Richtung ist daher dem Schiffer nothwendig, und diese bezeichnet man in Pillau dadurch, dafs bei eingehendem Strom auf der Nordseite der Kuppel des Leuchtthurms, bei ausgehendem dagegen auf der Südseite eine Flagge weht. Damit aber der Schiffer diese noch deutlich sieht, wenn ein heftiger Wind sie in der Art stellt, dafs sie nur als Linie erscheint und daher nicht sicher zu erkennen ist, so wird in solchem Fall statt ihrer eine Blechtafel an den Flaggenstock befestigt und durch eine Leine so gehalten, dafs sie von der Seeseite aus sichtbar ist.

Schliefslich mögen die bei uns eingeführten Sturmsignale erwähnt werden, wenn sie auch nur für die im Hafen und auf der Rhede liegenden Schiffe bestimmt sind. Sie bestehn aus

Digitized by Google

einem Kegel und einem Cylinder von 3 Fufs Höhe, von denen einer oder beide an die Rüstung gehängt werden, sobald nach den telegraphischen Mittheilungen aus andern Häfen oder nach den schnellen Aenderungen des Barometerstandes der Eintritt eines Sturms zu erwarten ist. Den Sturm aus Norden zeigt der Kegel an, wenn seine Spitze nach oben gekehrt ist, aus Süden, wenn er die umgekehrte Stellung hat, der Cylinder dagegen, wenn er allein aufgezogen wird, besagt, dafs die Richtung des Sturms zweifelhaft ist. Man verbindet endlich beide Signale, um einen sehr schweren Sturm oder Orkan anzukündigen, dessen Richtung wieder der Kegel angiebt. In der Nacht werden Laternen aufgehifst, deren gegenseitige Stellung die Umrisse des Kegels und Cylinders andeuten.

Unter den Seezeichen, die man zu beiden Seiten des Fahrwassers zur Bezeichnung desselben anbringt, sind zunächst die sogenannten Wehden zu erwähnen. Dieselben bestehn häufig nur aus Aesten, die man in den Grund steckt. Mehr Festigkeit haben sie, wenn dünne Pfähle, die jedoch über das Wasser reichen, mittelst hölzerner Hammer eingetrieben, und durch aufgebundene Büschel von Reisern oder durch kleine Fahnen kenntlich gemacht werden. Sie sind indessen in beiden Fällen nur in mäfsiger Wassertiefe anwendbar, und werden bei starkem Wellenschlag oder beim Gegenstofsen von Schiffen leicht umgelegt, oder treiben fort und müssen daher in kurzen Zwischenzeiten immer durch andre ersetzt werden.

Sichrer sind die schwimmenden Marken, die an Steine oder an andre schwere Massen mit Ketten befestigt sind. Für ruhiges Wasser und wenn sie nicht schon in weiter Ferne kenntlich sein dürfen, werden sie am einfachsten aus einem der Länge nach durchbohrten Klotz dargestellt, durch den eine starke Stange gezogen wird, die oben mit einem Fähnchen oder mit einem aus Korbweiden geflochtenen Ballen bezeichnet ist. Diese Marken werden in unsern Häfen Waker oder Steuder genannt und sie erfüllen genügend ihren Zweck, so lange die Klötze sich nicht mit Wasser vollgesogen haben und versinken. Man mufs sie daher in gewissen Zwischenzeiten auswechseln, trocknen und ehe sie wieder gebraucht werden, frisch theeren. Sie werden zu beiden Seiten eines engen und gekrümmten Fahrwassers, also

Digitized by Google

auf den Rand der Untiefen aufgestellt, auch legt man sie zuweilen während des Winters vor die Häfen statt der Seetonnen aus, weil sie bei treibendem Eise sich niederlegen und später wieder aufrichten, während die Seetonnen leicht vom Eise gefafst und fortgerissen werden.

Fig. 269a. auf Taf. XLVI zeigt einen Steuder, der an der Swine oberhalb Swinemünde zur Bezeichnung des Fahrwassers benutzt wird. Er ist mittelst einer leichten Kette, deren Gewicht seine aufrechte Stellung sichert, an einen schweren Stein geankert. Die einfache Form, die man ihm gegeben hat, war hier dadurch geboten, dafs nicht nur Seeschiffe, sondern in grofser Anzahl auch die langen Oderkähne diesen Weg verfolgen, die, wenn sie im Allgemeinen auch gute Segler sind, doch stark abtreiben und daher oft über die Steuder fort streichen. Letztere legen sich alsdann nieder und gleiten meist unversehrt unter dem Schiff hindurch.

Die Seetonnen werden vorzugsweise zur Bezeichnung der Fahrwasser vor den Häfen benutzt, sie haben theils die Form gewöhnlicher Tonnen, und schwimmen alsdann in der Art, dafs ihre Längenachse horizontal gerichtet ist, theils aber sind sie Kegel und zwar mit etwas ausgebauchten Seiten. Man nennt letztere wegen einiger Aehnlichkeit der Gestalt Bollen, und diese verdienen vor jenen unbedingt den Vorzug, insofern sie sich sicherer befestigen lassen. Bei ihnen befindet sich nämlich der Ring zur Aufnahme der Kette an der abwärts gekehrten Spitze, in die alle einzelnen Stäbe auslaufen. Gemeinhin werden die Bollen sowohl, wie die Tonnen, aus Eichenstäben in gewöhnlicher Weise angefertigt und mit starken eisernen Ringen beschlagen. Die Kette, vor der sie liegen, ist meist an einen grofsen Stein befestigt.

Bei heftiger Strömung vertreiben sie zuweilen, und namentlich geschieht dieses, wenn Fahrzeuge an sie gelegt, oder die Leine zum Verholen derselben an sie befestigt wird. Beides ist zwar verboten, doch läfst sich eine sichre Controle darüber nicht führen. Sodann werden die Seetonnen auch vom Gegenstofsen der Schiffe beschädigt, und dazu kommt noch die Vergänglichkeit des Holzes. Vielfach werden gegenwärtig eiserne Tonnen angewendet. Dieselben haben zunächst den Vorzug vor den hölzernen, dafs sie bei gleicher Gröfse wegen ihres geringern

Digitized by Google

Gewichts höher über das Wasser vortreten, also bei unruhiger See leichter gesehn werden. Demnächst verspricht man sich auch eine gröfsere Dauer von ihnen, doch ist diese nur zu erwarten, wenn man durch oft wiederholten Oelanstrich das Rosten verhindert.

Dafs man den zu beiden Seiten eines Fahrwassers liegenden Tonnen verschiedene Farben giebt, dafs jedoch in Bezug auf die letztern in den Deutschen Häfen keine bestimmte Regel eingeführt ist, wurde schon § 30 erwähnt. Es mag hinzugefügt werden, dafs in allen Französischen Häfen diejenigen Tonnen, welche dem einkommenden Schiffe auf Steuerbordseite oder rechts bleiben, roth, die gegenüberliegenden aber schwarz angestrichen sind. Diejenigen Tonnen, die beliebig auf einer und der andern Seite umfahren werden dürfen, sind aber mit rothen und schwarzen Streifen versehn. In Grofsbritannien und Irland dagegen findet derselbe Mangel an Uebereinstimmung statt, wie in Deutschland, worüber die zur Untersuchung der Leuchtfeuer und Baaken niedergesetzte Commission in ihrem Bericht vom 5. März 1861 Klage führt. Man darf indessen nicht unbeachtet lassen, dafs eine Aenderung in der Bezeichnung der Tonnen, wenn solche auch in den bedeutendsten Häfen bekannt gemacht wird, doch für die erste Zeit leicht zu Mifsverständnissen führen kann, auch bei gehörig eingerichtetem Lootsendienst nicht leicht ein fremder Schiffer ohne Lootsen den Hafen anläuft. Man hat daher bei uns bis jetzt Anstand genommen, die Verhältnisse zu ändern.

Buoyen, die zum Befestigen von Schiffen in den Häfen, oder zum Verholen dienen, haben meist die Gestalt der Bollen, zuweilen sind es aber auch die grofsen flachen eisernen Cylinder, von denen bereits § 86 die Rede war. Ueber diese ist nichts hinzuzufügen, dagegen verdienen besondere Erwähnung diejenigen Marken, welche frei in der See liegen. Sie bezeichnen theils einzelne Klippen oder sonstige Untiefen, die von gröfsern, oder auch von allen Schiffen umfahren werden müssen, theils sind es aber auch sogenannte Aufsentonnen, die vor den mit Tonnen eingefafsten Einseglungslinien ausgebracht sind, und die den ankommenden Schiffer darauf aufmerksam machen sollen, dafs er sich nunmehr vor dem engen Fahrwasser befindet.

Es kommt darauf an, diese Buoyen, die schon aus weiterer

Digitized by Google

Entfernung erkannt werden müssen, besonders auffallend zu bezeichnen. Sie müssen daher nicht nur sich ansehnlich erheben, sondern auch in allen Richtungen ausgedehnte Flächen zeigen. Dabei darf aber auch ihr oberer Theil weder so schwer sein, noch vom Winde so stark getroffen werden, dafs er sich bedeutend umlegt, weil er dadurch wesentlich an Höhe verliert. Man pflegt sie zu diesem Zweck mit Ballen zu versehn, die entweder aus Draht oder aus Korbweiden geflochten und mit Oelfarbe angestrichen sind, die aber so weite Maschen offen lassen, dafs der Wind ziemlich frei hindurchstreichen kann. Zuweilen wird auch der ganze über das Wasser tretende Theil aus schmalen Streifen Flacheisen zusammengesetzt, während nur der in das Wasser eintauchende und wenig darüber vortretende Theil den luftdicht abgeschlossnen Behälter bildet, der die ganze Marke mit der daran hängenden Kette schwimmend erhält.

Auch auf die gehörige Verankerung dieser Buoyen ist besondere Aufmerksamkeit zu verwenden, da sie bei ihrer freien Lage nur bei ruhiger Witterung zugänglich sind, und daher, wenn sie etwa vertrieben sein sollten, nicht immer sogleich an die passende Stelle zurückgebracht werden können. An ein- oder zweiarmige Anker pflegt man sie nicht zu legen, noch auch an Grundschrauben, sondern nur an schwere Steine. Vor diesen Steinen haben aber Blöcke aus Gufseisen den wesentlichen Vorzug, dafs sie bei gleichem Gewicht weniger Wasser verdrängen, also unter Wasser ein gröfseres Gewicht behalten, und deshalb um so fester liegen. Auch hat das Gufseisen den Vorzug, dafs man die Form beliebig wählen kann, und ohne Zweifel liegt eine starke Platte von gleichem Gewicht sicherer auf dem Grunde, als ein mehr oder weniger kugelförmig gestalteter Körper, der beim Zug der Kette oder durch den Stofs der Wellen leicht kantet.

Die Figuren 269, *b* und *c*, stellen zwei solcher Seezeichen dar. Das erste (Litt. *b*) ist ausgelegt auf dem sogenannten Mittelgrund, der südlich von der Insel Alsen in das Fahrwasser nach Sonderburg tritt. Es besteht aus einer kegelförmigen eisernen Tonne, durch welche eine starke Stange hindurchgezogen ist, und an diese schliefst sich das Holzgitter, wie auch der aus Weiden bestehende Ballen an, welche die Figur zeigt.

Fig. *c* ist die Schlüsseltonne, $4^1/_2$ Seemeilen nordwärts von

Digitized by Google

Wangeroog belegen, welche die Einfahrt in die Weser bezeichnet, und das Wappen der Stadt Bremen, den Schlüssel, trägt. Sie ist ganz aus Holz zusammengesetzt und mit eisernen Reifen umgeben.

Vor dem Swinemünder Hafen lag bisher als Aufsentonne eine etwas gröfsere, mit schwarzen und weifsen Streifen versehene gewöhnliche Tonne. Seit einigen Jahren hat man diese aber durch die Fig. 247 auf Taf. XLIV dargestellte Glocken-Buoye ersetzt, die ursprünglich zur Bezeichnung der 5 Deutsche Meilen seewärts belegenen Oderbank bestimmt war. Sie besteht aus einem Kugelabschnitt aus Eisenblech von 12 Fufs Durchmesser, worüber sich ein abgestumpfter Kegel erhebt. Auf diesem befindet sich eine Glocke, die schon bei mäfsiger Wellenbewegung läutet. Auf einer Eisenstange darüber trägt sie eine hohle, schwarz und weifs angestrichene Kugel. Sie ist aufserdem mit einem leichten Geländer umgeben, damit einige Menschen darauf sich retten können, falls auf der Oderbank ein Schiff verunglückt wäre. Besondere Erwähnung verdient die Befestigung der Ankerkette. Die Buoye hat nämlich keinen ebenen Boden, vielmehr wird dieser, wie die punktirten Linien andeuten, durch einen flachen Kegel ersetzt, und in der Spitze desselben befindet sich der Ring, mit dem die Ankerkette verbunden ist. Da letztere in dieser Weise nahe den Schwerpunkt der Buoye trifft, so veranlafst der schräge Zug kein Ueberneigen. Bei starkem Seegang läfst sich freilich dieses Ueberneigen nicht vermeiden, doch auf dem Scheitel der Welle steht die Buoye aufgerichtet und ist weit sichtbar.

In welcher Weise man die Buoyen auch darstellen, und wie man sie befestigen mag, so zeigen sich dabei doch zwei Uebelstände, die nicht zu beseitigen sind. Zunächst bleibt immer die Gefahr, dafs der Stein oder der Eisenblock, den man versenkt hat und an den sie gekettet ist, über den Grund treibt, und noch mehr, dafs, wenn man dafür auch einen schweren Anker oder die Grundschraube wählte, die Kette reifst. Besonders ist dieses zu fürchten, wenn grofse Eismassen dagegen treiben, oder die Buoye wohl selbst eingefroren ist. Vertreibt sie aber in solchem Fall, so fehlt nicht nur die Bezeichnung der gefährlichen Stelle oder des Fahrwassers, sondern sie veranlafst noch dadurch

Digitized by Google

neue Gefahren, dafs der Schiffer sie vielleicht an einem andern Punkt schwimmen sieht, und indem er glaubt, sie liege noch an ihrer Stelle, einen falschen Curs einschlägt. Hiernach ist es dringend nothwendig, die Lage jeder Buoye häufig und namentlich im ersten Frühjahr und nach heftigen Stürmen genau zu controlliren.

Der zweite Uebelstand besteht darin, dafs sie in der Nacht, wie auch im Nebel nicht sichtbar sind. Um sie alsdann noch bemerkbar zu machen, hat man schon in früherer Zeit an besonders gefährlichen Stellen sie mit Glocken versehn, welche läuten, sobald der Wellenschlag sie in Bewegung setzt. So befand sich eine solche auch auf einer Klippe, die nach ihr Bell-Rock genannt wird, etwa 11 Seemeilen vom Ufer entfernt, nordwärts vom Eingang in die Bucht Frith of Forth. Dabei tritt indessen wieder der Uebelstand ein, dafs diese Schallsignale nur bei bewegter See gegeben werden. Im Nebel sind diese am wichtigsten, weil alsdann die Marke nicht gesehn werden kann, der Nebel tritt aber meist bei ruhiger Witterung ein, wobei also das Meer sich abstillt, und so geschieht es, dafs, nachdem die Buoye unsichtbar geworden ist, auch das Anschlagen der Glocke aufhört, der Schiffer also nicht mehr vor der Gefahr gewarnt wird.

An Punkten, wo kräftige Strömung stattfindet, also namentlich, wo durch Fluth und Ebbe ein starker Küstenstrom sich bildet, kann man denselben noch zum Anschlagen des Hammers benutzen. Die Buoye wird in solchem Fall mit einem Steuer versehn, so dafs sie sich in die Richtung des Stroms stellt, und in dieser Richtung tritt entweder aus ihr eine mit Flügeln versehene Achse heraus, ähnlich derjenigen, welche beim Patentloth angewendet wird, oder durch den untern Theil der Buoye ist ein Canal geführt, durch den das Wasser gleichfalls hindurchströmt und ein kleines unterschlächtiges Mühlenrad treibt. Ob diese Versuche zu irgend namhaften Resultaten geführt haben, mufs nach dem bereits erwähnten Commissions-Bericht von 1861 bezweifelt werden. Wenn dieses aber auch der Fall sein sollte, so ist doch nicht zu verkennen, dafs das Anschlagen der Glocke wieder aufhört, sobald der Strom umsetzt, also zwischen dem Fluth- und dem Ebbestrom ein Stillstand eintritt.

In neuster Zeit hat man die Buoyen noch in andrer Weise

Digitized by Google

mit einem akustischen Apparat versehn, der nicht nur bei starken Schwankungen, welche das Tönen der Glocke veranlassen würden, sondern selbst bei sanfter Dünung, wenn diese nur den Wasserspiegel etwa um 1 Fufs hebt und senkt, eine Pfeife erklingen läfst. Eine solche Buoye, die nach ihrem Erfinder Courtenay's automatische Signalbuoye genannt wird, wurde zuerst 1876 hinter Sandy-Hook vor die Mündung des nach New-York führenden Hauptfahrwassers ausgelegt. Da man ihre Wirkungen sehr befriedigend fand, so sind gleich darauf noch fünf andre vor verschiedenen Nordamerikanischen Häfen oder Fahrwassern eingerichtet.

Die Wirksamkeit derselben beruht darauf, dafs nach dem § 2 entwickelten Gesetz der Wellenbewegung auf tiefem Wasser diejenige Fläche, oder wenn man den Querschnitt der Wellen betrachtet, diejenige Linie, welche einen gleichen Druck bezeichnet, zwar mit der Wellenlinie der Oberfläche in so fern übereinstimmt, dafs die obern und untern Scheitel lothrecht über einander liegen, dafs aber die Höhenunterschiede der Scheitel in der untern Linie bei zunehmender Tiefe immer geringer werden, oder dafs diese Linie sich immer mehr der geraden nähert. Wenn daher eine Röhre von einem Schwimmer lothrecht herabhängt, ihre untere Mündung also immer in gleicher Tiefe unter dem Wasserspiegel schwebt, so tritt dieselbe dennoch in Wasserschichten von verschiedenem Druck ein. Ist alsdann die Röhre oben offen, so wird sie sich bald mehr, bald weniger mit Wasser anfüllen. Ist dagegen, wie hier geschieht, die Röhre in einiger Höhe über dem äufsern Wasserspiegel geschlossen, so wird die darin befindliche Luft abwechselnd comprimirt und ausgedehnt. Das erste geschieht, wenn der abfallende Schenkel der Welle vorübergeht, und das letzte, wenn die Buoye sich wieder hebt. Courtenay läfst nun die comprimirte Luft durch eine Pfeife entweichen, während bei eintretender Verdünnung der Luft diese von aufsen ungehindert einströmen kann.

Fig. 258 auf Taf. XLV stellt diese Buoye im Allgemeinen dar. Ein Schwimmer von ellipsoidischer Gestalt schliefst sich im obern Theil an einen Kegel an. Beide bestehn aus Eisenblech, und durch beide ist eine Röhre lothrecht hindurchgeführt. Der Schwimmer mifst etwa 11 Fufs im Durchmesser und seine Höhe

Digitized by Google

mit Einschluſs des Kegels 13 Fuſs. Die Röhre ist $2^1/_2$ Fuſs weit und 32 Fuſs lang, woher sie ungefähr 20 Fuſs tief eintaucht. In der Höhe von $1^1/_2$ Fuſs über dem äuſsern Wasser ist in dieser Röhre der luftdicht schlieſsende Deckel angebracht. Durch diesen führen drei dünne Röhren bis über den obern Deckel, der nur das Eindringen des überschlagenden Wassers in die weite Röhre verhindert, die mittlere der dünnen Röhren führt die eingeschloſsne Luft, sobald sie den stärkern Druck erleidet, unmittelbar der Pfeife zu, welche mit der gewöhnlichen Locomotivpfeife übereinstimmt. Die beiden andern Röhren dienen dagegen zur Wiederfüllung des Luftreservoirs, sobald beim Ansteigen der Röhre der Druck sich vermindert. Diese muſsten mit Ventilen versehn werden, die sich bei starkem Druck schlieſsen, weil sonst die verdichtete Luft nicht durch die Pfeife ausströmen würde. Die Ventile konnten, da sie dauernd in Wirksamkeit sein sollen, nur Kugelventile sein. Damit diese bei dem von der untern Seite her wirkenden stärkern Druck sich schlieſsen, muſsten die Röhren, in denen sie angebracht sind, sich S-förmig krümmen. Sie befinden sich in den kurzen, in entgegengesetzter Richtung stehenden Schenkeln. Die Zeichnung deutet ihre Lage durch die Erweiterungen an. Um eine zu starke Spannung der Luft im Reservoir zu verhindern, wobei die Röhre leiden könnte, ist noch ein stark belastetes Ventil in dem untern Deckel angebracht. Die weitern Einzelheiten und Vorschläge zur Charakterisirung des Tons der Pfeife, falls noch andre gleiche Buoyen in der Nähe liegen sollten, übergehe ich und füge nur hinzu, daſs die Ankerkette in einen Ring eingreift, der die Röhre dicht unter dem Schwimmer umfaſst. Auf der entgegengesetzten Seite ist eine etwa 6 Fuſs hohe und $3^1/_2$ Fuſs breite Blechscheibe an den Schwimmer befestigt, welche das Drehn verhindern soll, indem sie als Steuer wirkt.

Schlieſslich muſs noch der im Jahr 1877 patentirten Erfindung zur Erleuchtung der Buoyen von Julius Pintsch in Berlin Erwähnung geschehn, die zwar in offner See noch nicht versucht ist, wohl aber Aussicht auf Erfolg hat. Zur Bezeichnung des Fahrwassers zwischen Kronstadt und Petersburg hat man mit dem Auslegen derselben bereits den Anfang gemacht, auch ist eine solche für die Mündung der Themse bestellt, und

Digitized by Google

gewifs ist nicht zu leugnen, dafs die Schiffahrt wesentlich gesichert werden würde, wenn auch nur etwa die Aufsentonne vor einem Hafen in der Dunkelheit durch ein Licht bezeichnet werden könnte.

Es kann nicht die Rede davon sein, ein solches Licht jeden Abend anzuzünden, indem man etwa mit einem Boot heranfährt, eben so wenig kann dieses mittelst eines Drahtes durch den elektrischen Funken geschehn, da das Kabel, indem es nicht fest liegt, sondern mit der Buoye hin und her geschleudert wird, sehr bald leidet. Es blieb also nur übrig, hier ein Licht darzustellen, welches lange Zeit hindurch ohne Unterbrechung Tag und Nacht hindurch brennt. Dafs die Kosten für das während des Tags nutzlos verwendete Brennmaterial die Unterhaltung vertheuern, ist nicht in Abrede zu stellen, aber der Vortheil der nächtlichen Erleuchtung, der in andrer Art sich nicht erreichen läfst, ist überwiegend.

Der Patentinhaber hat bereits für die Mehrzahl der gröfsern Deutschen Eisenbahnen die Gasbeleuchtung einzelner Wagen eingerichtet, indem er unter denselben starke Blechcylinder anbrachte, die mit Leuchtgas gefüllt werden, das Anfangs bis auf 6 Atmosphären Ueberdruck comprimirt ist. Dasselbe strömt in die Laternen der verschiedenen Coupés, und zwar so andauernd, dafs die Flammen etwa 45 Stunden lang brennen könnten. Die eigenthümlich eingerichteten Ventile, die den Austritt des Gases reguliren, schliefsen sich mittelst gewisser Hebelsysteme um so mehr, je gröfser die Spannung im Reservoir ist, und hierdurch ist es möglich geworden, den Brennern immer ein gleiches Quantum Gas zuzuführen, mag der Cylinder so eben frisch gefüllt sein, oder sich soweit entleert haben, dafs die Spannung in ihm nur wenig den Druck der Atmosphäre übertrifft.

In gleicher Weise ist die Erleuchtung der Buoyen eingerichtet. Da dieselben aber schon an sich eine gröfsere Ausdehnung als jene Cylinder in den Wagen haben müssen, ihre Gröfse auch ohne Schwierigkeit noch erweitert werden kann, da ferner die Vergröfserung ihres Gewichts ohne Nachtheil ist, also stärkere Bleche verwendet werden dürfen, die einen Ueberdruck bis zu 10 Atmosphären zulassen, und da endlich hier nur eine Flamme gespeist zu werden braucht, so läfst sich leicht ein Gasquantum

Digitized by Google

einschliefsen, welches die Flamme drei Monate hindurch unterhält. Man darf sonach sicher erwarten, dafs sich immer Gelegenheit bieten wird, eine neue Füllung vorzunehmen, ehe die frühere vollständig consumirt ist. Dieses kann aber leicht geschehn, indem ein andrer grofser Behälter, der mit noch stärker comprimirtem Gase gefüllt ist, bei mäfsig ruhiger See angefahren und mittelst eines flexibeln Schlauchs mit dem ersten in Verbindung gesetzt wird.

Ein andrer sehr wichtiger Umstand bei diesem Apparat betrifft die Verbindung der Laterne mit der äufsern Luft, so dafs stets frische Luft zugeführt und die durch das Brennen verdorbene abgeführt wird, ohne dafs durch die hierzu erforderlichen Oeffnungen Wasser eindringt, welches die Flamme auslöschen könnte. Der Erfinder hat dieses durch künstliche Anordnung der Wege, welche die Luftströmungen verfolgen sollen, zu verhindern gesucht. Ob dieses vollständig gelingen wird, da in heftigem Wellenschlag nicht nur Spritzwasser die Laterne trifft, sondern zuweilen auch compacte Wassermassen darüber treten, ist zur Zeit durch die Erfahrung noch nicht entschieden.

§ 91.

Leuchtthürme.

Die Leuchtthürme haben vorzugsweise den Zweck, dem Schiffer das Ufer, dem er sich während der Nacht nähert, kenntlich zu machen und hierzu dienen besonders die sogenannten Küstenfeuer, die in grofser Höhe über dem Meeresspiegel sehr starkes Licht verbreiten und daher in weiter Ferne schon sichtbar sind, wie bereits § 30 erwähnt worden. Von weniger Bedeutung sind die Marken, durch welche gewisse Uferpunkte, oder Hafenmündungen und zuweilen auch einzelne Fahrwasser während der Nacht bezeichnet werden.

Die Frage, wie hoch ein Licht gestellt werden mufs, damit es in einem bestimmten Abstande durch die Krümmung der Erde nicht verdeckt wird, und zwar wenn das Auge des Beobachters sich im Niveau des Meeresspiegels befindet, läfst sich nicht allein mit Rücksicht auf den Krümmungshalbmesser der Erde beant-

Digitized by Google

worten, sondern man mufs dabei auch die Strahlenbrechung der atmosphärischen Luft in Betracht ziehn. Letztere ist aber namentlich im Horizont sehr veränderlich, denn bei klarer Luft sieht man Bäume und Thürme in meilenweiter Entfernung über Wasserflächen, oder sonstigen Ebenen, bald mehr und bald weniger vortreten. Oft genug auch sieht man dieselben Gegenstände zweimal, oder vielmehr dreimal über einander, indem das mittlere Bild umgekehrt ist. Noch stärker ändert sich die Sehweite bei dunklem Wetter. Im Schneegestöber und starken Nebel sah ich oft das Licht des Pillauer Thurms, das sonst 4 Deutsche Meilen weit deutlich erscheint, schon in der Entfernung von 200 bis 300 Ruthen vollständig verschwinden. Hiernach bleibt die Bestimmung der Sehweite immer sehr unsicher. Man braucht daher der Rechnung keine grofse Schärfe zu geben, und darf nicht nur die ellipsoidische Gestalt der Erde, sondern auch unter Voraussetzung der Kugelform die höhern Potenzen kleiner Gröfsen vernachlässigen.

Indem nun der Strahlenbrechung verschiedentlich andre Werthe gegeben werden, auch zuweilen die Rechnung in andrer Weise geführt wird, so kann es nicht fehlen, dafs die Resultate abweichend ausfallen. Am einfachsten dürfte die nachstehende Auffassung sein.

Der Erdradius sei gleich r, die Höhe des leuchtenden Punkts über dem Meeresspiegel gleich h. Im Abstande s von demselben messe man vom Meeresspiegel aus den Elevations-Winkel jenes Punkts. Dieser sei gleich α. Alsdann würde α sich nur auf den Theil von h beziehn, der durch die Krümmung der Erde nicht verdeckt wird. Der verschwindende Theil müfste noch hinzugefügt werden. Dieser wird aber durch die Tangente und die Chorde umfafst, die vom Beobachtungspunkt aus im gröfsten Kreise der Erde nach dem Gegenstande gezogen werden, dessen Höhe gleich h ist. Der Chordetangenten-Winkel ist aber gleich dem halben Centri-Winkel oder

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{s}{r},$$

Da nämlich beide Winkel nur sehr klein sind, so kann man sie den Sehnen gleich setzen. Man hat also

Digitized by Google

$$h = s\left(\alpha + \frac{1}{2}\,\frac{s}{r}\right).$$

Der Lichtstrahl wird indessen wegen der verschiednen Dichtigkeit der übereinander liegenden Luftschichten gebrochen und bildet daher keine grade, sondern eine gekrümmte Linie, deren concave Seite abwärts gekehrt, und die, wie bereits Lambert annahm, und wie auch in neuerer Zeit nicht wesentlich davon abgewichen wird, annähernd ein Kreisbogen ist, der Radius dieses Kreises mifst aber das Sechsfache des Erdradius. Die früher in der Richtung der Tangente gezogene Linie verwandelt sich daher wegen der Brechung des Strahls in eine Sehne, und der Winkel, den diese mit der an den Strahl gezogenen Tangente macht, ist

$$= \frac{1}{12} \cdot \frac{s}{r}.$$

Um diesen Winkel ist der Elevationswinkel α zu grofs gemessen, daher mufs letzterer um so viel verkleinert werden, und man findet

$$h = s\left(\alpha + \frac{5}{12} \cdot \frac{s}{r}\right).$$

Indem es sich nur darum handelt, diejenige Entfernung s zu finden, in welcher das Licht in der Höhe des Meeresspiegels noch gesehn werden kann, so sucht man den Punkt, wo der gekrümmte Strahl den gröfsten Kreis der Erde berührt, oder wo beide eine gemeinschaftliche Tangente haben. Die Elevation oder der Winkel α wird alsdann gleich Null und man erhält schliefslich

$$h = \frac{5}{12} \cdot \frac{s^2}{r}.$$

Der Erdradius mifst im mittlern Breitengrade 1 690 500 Ruthen, daher hat man, wenn h und s in Ruthen ausgedrückt werden,

$$h = 0{,}000\,000\,246\,48 \,.\, s^2$$

oder wenn man die Entfernung s in Meilen zu 2000 Ruthen und die Höhe in Rheinländischen Fufsen mifst,

$$h = 11{,}831 \,.\, s^2.$$

Gewöhnlich wird s in Seemeilen, das heifst in der mittlern Länge einer Minute des Meridians gemessen, und man findet alsdann für h in Preufsischen oder Englischen Fufsen annähernd den sehr einfachen Ausdruck

Digitized by Google

$$h = \frac{3}{4} s^2$$

oder $s = 2\sqrt{\frac{h}{3}}$

Man darf indessen bei dieser Untersuchung nicht unbeachtet lassen, dafs das Auge des Schiffers sich keineswegs im Niveau des Wasserspiegels befindet. Er steht vielmehr auf dem Deck des Schiffs und sein Auge befindet sich meist etwa 12 Fufs über dem Spiegel der See, wofür man aber gegenwärtig, wo gröfsere Schiffe üblich sind und auf diese besonders Rücksicht zu nehmen ist, 15 Fufs wählt. Der Lichtstrahl, der die See tangirt, trifft daher sein Auge nach derselben Formel beziehungsweise 4 oder $4\,^1/_2$ Seemeilen weiter. Die ganze Sehweite des Feuers ist sonach, wenn man den höhern Standpunkt wählt,

$$S = 2\sqrt{\frac{h}{3}} + 4{,}5$$

oder das Licht, das auf S Seemeilen Abstand so eben sichtbar sein soll, mufs, in Fufsen ausgedrückt, in der Höhe

$$h = \frac{3}{4}(S - 4{,}5)^2$$

über dem Wasser brennen.

Wo Ebbe und Fluth stattfindet, wird der Sicherheit wegen h stets gegen den Stand des Hochwassers gemessen. Wenn das Feuer aber nur in geringen Entfernungen sichtbar zu sein braucht, wie dieses beispielsweise bei Hafenfeuern der Fall ist, die nur die Mündung des Hafens bezeichnen sollen, so darf man dieselben doch nicht so niedrig halten, dafs sie etwa von Wellen verdeckt werden könnten, und man giebt ihnen daher meist die Höhe von 20 bis 30 Fufs über Wasser.

In Betreff des Baues derjenigen Leuchtthürme, die auf dem Ufer stehn, ist hier wenig zu sagen, da es meist gewöhnliche Landbauten sind. Die Gröfse der Laterne ist von dem darin aufzustellenden Erleuchtungs-Apparat abhängig, bei Feuern erster Ordnung giebt man ihr gewöhnlich 12 Fufs im Durchmesser. Ihre sichere Verankerung in der Mauer und eine sehr feste Zusammenfügung ihrer Theile ist dringend geboten, weil sie wegen

Digitized by Google

ihrer hohen und freien Lage den Stürmen besonders ausgesetzt ist. Die Scheiben bestehn aus starkem, reinem Glase, und sind vorsichtig einzusetzen, um jede Spannung oder Biegung zu vermeiden, wodurch sie beim Wechsel der Temperatur und noch mehr bei den Stöfsen eines heftigen Sturms brechen könnten. Wenn aber vollends die Eisenstäbe sich bewegen sollten, so wäre ihr Zerspringen unvermeidlich. Jedenfalls ist es nothwendig, dafs Reserveschеiben in der Wärterstube vorräthig sind, welche die Wärter sogleich einsetzen müssen, wenn ein Bruch erfolgt.

Ferner mufs für die Abführung des Gases gesorgt werden, welches sich beim Brennen der Lampen entwickelt. Hierzu genügt eine oben geschlofsne und an den Seiten mit den nöthigen Oeffnungen versehene Röhre, die aus dem Scheitel der Kuppel austritt. Wichtig ist es noch, unter der Kuppel eine zweite Decke anzubringen, weil sonst bei kalter Witterung die Dämpfe an ihrer innern Seite niederschlagen und alsdann das herabtröpfelnde Wasser die Wirksamkeit der Linsen oder Spiegel schwächt, oder diese auch wohl beschädigt.

Eine Galerie umgiebt die Laterne. Dieselbe dient meist als Lootsen-Warte, sie ist aber auch nothwendig zum Putzen der Scheiben, was täglich geschieht. Vielfach ist noch ein Drahtnetz in einiger Entfernung um die Galerie gezogen, um die Vögel abzuhalten, die in der Nacht gegen das Licht fliegen, und die Scheiben einstofsen, wenn sie bis zu diesen gelangen. Auf dem Leuchtthurm in Calais sieht man eine grofse Sammlung ausgestopfter Vögel, die gegen das Drahtnetz geflogen und vor demselben todt niedergefallen sind.

Sehr wichtig ist es ferner, das Eindringen des Regens in das Mauerwerk möglichst zu verhindern. Die freie Lage der Thürme erschwert die Lösung dieser Aufgabe ungemein. Wenn man bei diesen Bauten auch immer bemüht ist, vorzügliches Material, sowohl Steine, wie Mörtel, zu verwenden, und die Mauern ungewöhnliche Stärke erhalten, so bemerkt man doch bald, dafs an der Wetterseite die innere Fläche der Mauer feucht wird und sich nach und nach mit feinem Moos überzieht. Besonders findet dieses aber auf den Fensterbrüstungen und unter denselben statt. Die äufsern Mauerflächen mit Putz zu bedecken. ist vergeblich, da derselbe schnell abfällt, und selbst die festesten

Digitized by Google

gebrannten Steine verwittern und bröckeln ab, so dafs man nach einigen Jahren neue statt der schadhaften einsetzen mufs. Endlich bietet noch die Abdeckung der obern Mauerfläche oder der Galerie besondere Schwierigkeiten. Bei einigen unserer Thürme hat man hierzu Granitplatten verwendet. An sich halten dieselben unbedingt die Nässe ab, aber bei dem übermäfsigen Wechsel der Temperatur, dem sie ausgesetzt sind, lassen die Fugen sich nicht geschlossen erhalten. Der Mörtel oder Cement reifst im Frost auf, der Asphalt dagegen zerfliefst in der Hitze. Durch besondere Fugenschnitte hat man in neuster Zeit versucht, das eindringende Wasser sicher nach aufsen zu leiten, sowie auch durch Anbringung von Luftschichten in den Mauern das Durchdringen der Feuchtigkeit zu verhindern. Die Versuche sind indessen noch zu neu, als dafs die Erfolge derselben bereits feststänaen. Dagegen empfiehlt es sich wohl, wie bei auswärtigen Leuchtthürmen vielfach geschieht, die Fensterbrüstungen mit glasirten Fliesen zu bedecken.

Die erwähnten Uebelstände treten vergleichungsweise mit unsern übrigen Thürmen bei dem Pillauer nur mäfsig, zum Theil aber auch gar nicht ein. Derselbe wurde, wie bereits erwähnt (§ 52), in den Jahren 1805 bis 1816 erbaut. Fig. 266 auf Taf. XLVI zeigt denselben in der Ansicht von der Seeseite*).

Er steht auf einem Pfahlrost, und seine Mauern, die über der Plinthe 5 Fufs und unter dem Gewölbe, worauf die Laterne ruht, $3\frac{1}{2}$ Fufs stark sind, wurden aus Bromberger Klinkern ausgeführt. In der äufsern Fläche ist er nicht verputzt, sondern nur mit weifser Oelfarbe gestrichen. Dieser Anstrich wird in jedem zweiten oder dritten Jahr erneut, und die dabei erforderlichen Rüstungen sind leicht darzustellen, indem jedes Stockwerk vier Fenster hat, durch welche kreuzweise zwei Spieren geschoben werden, welche die Laufdielen tragen. Feuersicher ist der Thurm nicht, da die fünf untern Räume bis zur Wärterstube nur Balkendecken haben und hölzerne Treppen von einem zum andern führen.

*) Die Mittheilung dieser Zeichnung dürfte sich um so mehr rechtfertigen, als in dem vom Reichskanzleramt 1878 herausgegebenen Werk: „Die Schiffahrtszeichen an der Deutschen Küste" die Ansicht vom Pillauer Thurm, wie auch von denen bei Brüsterort, Nidden und Memel fortgelassen sind, die doch unbedingt zu den wichtigsten Feuern an der Deutschen Küste gehören.

Digitized by Google

Dieses wird noch bedenklicher, da der untere Raum oft mit leicht brennbarem Lootsengeräth angefüllt wird.

Das Eindringen des Regens in die obere Fläche des Mauerwerks ist durch die Construction der 77 Fuſs über der Plinthe liegenden Galerie sicher verhindert. Die Figuren 267, *a* und *b*, in doppeltem Maafsstab von Fig. 266 gezeichnet, stellen dieses dar. Die schwache Brustmauer, welche die Laterne umgiebt, ist in ihrer obern Fläche stark geneigt, so dafs der Regen leicht abfliefst, auch ist sie mit Kupfer überdeckt. Der übrige Theil der Mauer wird in seiner obern Fläche durch die Galerie überdeckt. Die hierbei gewählte Construction zeigt besonders Fig. *b*, worin die fünf Abtheilungen von der linken nach der rechten Seite die nach einander aufgebrachten Theile erkennen lassen. Zunächst wurde nahe an den äufsern Rand der Mauer ein geschmiedeter eiserner Ring gelegt, der die überkragenden Rahmen, gleichfalls aus Schmiedeeisen bestehend, trägt. Diese lehnen sich an die äufsere Mauerfläche, greifen aber zugleich unter die später ausgeführte Brustmauer und sind hier mit Ansätzen versehn, die von einem zweiten Ringe umfafst werden. Auf diese Art sind sie in ihrer Aufstellung vollständig gesichert. Ihre obern Schenkel sind aber nicht horizontal, sondern senken sich nach aufsen, um das für den Abflufs des Wassers nöthige Gefälle zu bilden. Auf diese Rahmen, so weit sie über die Mauer vortreten, sind je zwei rostförmige Platten gelegt, deren jede zwei Felder überdeckt und die gegenseitig versetzt sind, so dafs ihre Fugen nicht auf demselben Rahmen zusammen treffen. Hierauf liegen Kupferbleche, die jedoch nicht nur die Galerie überdecken, sondern auch in die Brustmauer eingreifen, und sonach alles darauf fallende Wasser über ihren äufsern Rand fortleiten, es also in die Mauer nicht eindringen lassen, während auch der Temperaturwechsel keine Fugen im Blech eröffnet.

Wie hier geschehn, bringt man bei gröfsern Leuchtthürmen jedesmal unter der Laterne ein Zimmer an, worin der Wärter sich aufhält und von wo er während der Nacht in kurzen Zwischenzeiten hinaufgeht, um sich von der regelmäfsigen Erleuchtung zu überzeugen. In demselben Zimmer befinden sich auch die nöthigen Materialien und Geräthe, welche zur Unterhaltung des Lichts, so wie auch zur Beseitigung zufälliger

Digitized by Google

Störungen dienen. Die Wohnungen der Wärter und ihrer Familien verlegt man, wenn es geschehn kann, nicht in den Thurm, sondern in nebenstehende Gebäude. Nur wenn solche nicht vorhanden sind und namentlich, wenn der Thurm auf einer isolirten Klippe im Meere steht, müssen die Wärter darin wohnen.

Zuweilen ist man gezwungen, einen bestehenden Leuchtthurm auf eine andre Stelle zu versetzen. In solchem Fall wird der neue Thurm neben dem alten erbaut, und in dem letztern das Feuer so lange unterhalten, bis es in dem neuen angezündet werden kann. Dieses geschah beispielsweise beim Hafenfeuer auf der Swinemünder Ostmole, als dieselbe vor einigen Jahren verlängert wurde, wo der neue Thurm vollständig ausgeführt und mit Allem versehn war, bevor die Lampe darin angezündet wurde und gleichzeitig die Benutzung des alten Thurms aufhörte.

Es geschieht indessen zuweilen, dafs der neue Thurm der höhere ist und er deshalb bis zu der Zeit, dafs er in Gebrauch genommen wird, das Licht des alten in einer gewissen Richtung verdeckt, wodurch Unglücksfälle herbeigeführt werden können. Wenn das Licht zugleich als Hafenfeuer dient, also die Hafenmündung bezeichnet, und der Hafendamm verlängert wird, kann es auch nachtheilig sein, wenn das Feuer zeitweise vom Kopf des Damms weit entfernt bleibt. Verhältnisse dieser Art traten bei der Verlängerung des nördlichen Hafendamms vor Sunderland ein, und der dortige Ingenieur Murray entschlofs sich, vorzugsweise mit Rücksicht auf den Kostenpunkt, den ganzen massiven Thurm auf den neuen Molenkopf zu versetzen. Die Entfernung betrug ungefähr 500 Fufs. Der Thurm war 1803 massiv und zwar aus Sandstein erbaut. Er hatte die Form einer achteckigen abgestumpften Pyramide, die unten 16, oben aber nur 9 Fufs breit war. Das Mauerwerk erhob sich 62 Fufs über den Damm, während die Kuppel noch 16 Fufs darüber trat. Das Gewicht der bewegten Masse betrug 320 Tons oder 6400 Centner.

Zunächst mufste der Thurm fest umschlossen werden. An die acht Kanten wurden starke Balken gelehnt und acht Kränze von Riegeln waren in diese Balken verzapft, während um jeden Kranz ein starkes eisernes Zugband gelegt und durch Schrauben fest angespannt wurde. Nunmehr legte man vier Schwellen unter jene aufrecht stehenden Balken, nämlich eine unter je zwei der

Digitized by Google

letztern, und zwar in der Art, dafs, wenn man von der nach dem Kopf der Mole gerichteten Seite die Ecken des Thurms zählt, Nr. 1 und 2, sodann Nr. 3 und 4, 5 und 6 und 7 und 8 verbunden waren. Diese Schwellen verlängerten sich so weit, dafs sie mit den nächsten zusammentrafen und bildeten daher ein Quadrat. In jede der vier Ecken des letztern wurden neben einander drei Streben gestellt, die in drei verschiednen Höhen den Thurm stützten, und sich oben an drei andre Kränze lehnten, die um die ersten geschlungen und mit denselben verbunden waren.

Nachdem man in solcher Weise das Mauerwerk möglichst gesichert hatte, wurden einige Fufs über der Dammkrone quer durch den Thurm Löcher eingehauen und sieben Querbalken eingezogen, die den Thurm mit der beschriebenen Rüstung tragen sollten. Alsdann wurden kreuzweise unter diesen sieben andre Löcher durchgestemmt und darin eben so viele, an ihren untern Seiten mit Rollen versehene Balken gelegt. Unter diesen befanden sich aber die auf starke Langschwellen genagelten Schienen. Die Rollen und Schienen waren dieselben, die Morton bei seinem Slip anwendete.

Während dieser Zeit stand der Thurm zwischen den beiden Balkenlagen noch auf einzelnen Pfeilern des frühern Mauerwerks. Diese wurden zuletzt entfernt, nachdem durch eingetriebene Keile die Schwellen zum Tragen gebracht waren. Der Thurm stand alsdann auf 250 Rollen. Drei Erdwinden, jede mit 10 Mann besetzt, zogen die in Gienblöcke eingeschornen Taue an und der Thurm bewegte sich sehr langsam vorwärts. Die Versetzung begann am 2. August 1842 und war am 30. September desselben Jahrs beendigt.

Ich war während dieser Zeit in Sunderland und sah in der Mitte des September den Thurm 22 Fufs weit vorrücken. Dieses geschah vollkommen regelmäfsig und ohne die mindeste Erschütterung. Als Beweis dafür, wie sicher man vor jeder Gefahr sich fühlte, mufs ich anführen, dafs während dieser Bewegung der Wärter im obern Fenster lag und ruhig die Arbeit betrachtete. Das Feuer in diesem Thurm war ein festes katoptrisches, und zwar wurden nicht Oellampen benutzt, sondern es brannte Gas aus den Gasometern der Stadt. Sobald der Thurm in Bewegung gesetzt wurde, was immer nach Verlauf einiger Tage geschah,

Digitized by Google

schlofs man die Zuleitungsröhre und schnitt sie durch. Nach Beendigung jeder Tour löthete man ein neues Stück an, wodurch das Feuer in den nächsten Tagen während der Verlegung der Bahnen unterhalten wurde. Nach Murray's Mittheilung*) ist die ganze Versetzung glücklich von statten gegangen, ohne dafs irgend eine Erschütterung oder ein Stofs vorgekommen wäre, der eine Trennung im Mauerwerk hätte besorgen lassen.

Bei der grofsen Höhe, und der ganz freien Lage der Leuchtthürme, die gewöhnlich unmittelbar an der Meeresküste stehn, rechtfertigt sich gewifs die Frage, welchen Grad der Stabilität man denselben geben mufs, damit sie den heftigsten Stürmen noch sicher widerstehn. Bei Erbauung des Thurms von Belle-Ile untersuchte der Ingenieur C. Fresnel die Stabilität einiger besonders hohen und schlanken Leuchtthürme und Schornsteine, von denen die Erfahrung bereits gezeigt hatte, dafs sie genügende Standfähigkeit besitzen.

Fresnel**) verglich die Stabilität, wie sich dieselbe aus dem Gewicht und aus der Lage des Schwerpunkts gegen die Drehungsachse an der schwächsten Stelle ergiebt, mit dem Moment des stärksten Winddrucks auf denselben Theil des Thurms. Er ging dabei von der Beobachtung Smeatons aus, dafs der Wind bei der Geschwindigkeit von 20 Fufs in der Secunde auf eine ihm normal entgegenstehende Ebene von 1 Quadratfufs Oberfläche (in Englischem Maafs) einen Druck von 1 Pfund ausübt. Indem er ferner die gewöhnliche Voraussetzung einführte, dafs der Druck dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional sei, und annahm, dafs die gröfste Geschwindigkeit der Luft während eines Orkans 50 Meter oder nahe 160 Fufs beträgt, so fand er den stärksten Luftdruck gegen eine normale Fläche von 1 Quadratmeter gleich 275 Kilogramme, also 54,1 Pfund auf den Rheinländischen Quadratfufs. Um den Druck zu finden, der gegen eine Fläche ausgeübt wird, die um den Winkel α von der normalen Richtung abweicht, wurde wie gewöhnlich vorausgesetzt, dafs der Druck in der Richtung des Windes sich alsdann im Verhältnifs von

*) The civil engineer and architect's Journal. Vol IV. 1841. pag. 378.

**) Annales des ponts et chaussées. 1831. II. pag. 385.

Digitized by Google

$$\cos a^2 : 1$$

vermindert. Hieraus ergiebt sich, dafs der Druck auf den Halbkreis nur zwei Drittel desjenigen Drucks ist, den der normale Halbmesser erfährt.

Wenn in dieser Weise das Moment des erwähnten stärksten Luftdrucks gegen verschiedene Gebäude berechnet und mit der Stabilität derselben verglichen wurde, so ergaben sich die nachstehenden Verhältnisse der letztern zu dem erstern:

für den Signalthurm in Lorient	7,4
für den Leuchtthurm in Genua	6,2
für den Leuchtthurm Pilier (auf Noirmoutier) .	4,4
für den Leuchtthurm Planier (Marseille) . .	4,6
für die Napoleonssäule bei Boulogne	3,5

Für einzelne besonders hohe Schornsteine war das Verhältnifs aber bedeutend geringer und es verminderte sich sogar für einen Schornstein auf Montmartre bis auf 0,72. Wenn letzterer dennoch den Stürmen widersteht, so mufs man annehmen, dafs diese im Binnenlande die vorausgesetzte Stärke nicht erreichen, oder dafs jene Voraussetzungen über den Druck des Windes nicht richtig sind.

Die letzte Vermuthung dürfte sich wohl bestätigen. Nach vielfachen Erkundigungen bei Locomotivführern und andern Eisenbahnbeamten haben dieselben niemals bemerkt, dafs während voller Fahrt der Rauch einem Schnellzuge vorangetrieben sei, obwohl sie in der Richtung der heftigsten Winde sich bewegten. Der Rauch schlug stets zurück. Wenn also vorübergehend auch mit der Geschwindigkeit von einer Meile in vier Minuten, oder 100 Fufs in der Secunde gefahren wurde, so bewegte sich die Luft doch niemals mit dieser Geschwindigkeit. Wichtiger sind die auf dem meteorologischen Observatorium im Helder seit 1851 angestellten Messungen. Daselbst werden nicht nur die Wasserstände (§ 7), sondern auch die Richtung und der Druck des Windes durch selbstregistrirende Apparate ununterbrochen beobachtet, sowie auch der atmosphärische Niederschlag, die Verdunstung, und die Declination der Magnetnadel. Nach den Mittheilungen des königlich Niederländischen Ingenieurinstituts (in den Notulen) hat in den 29 Jahren bis Ende 1879 der Windmesser im Ganzen nur achtmal und zwar für die kürzeste Zeit einen Druck von 100 Kilo-

Digitized by Google

gramm auf den Quadratmeter oder darüber markirt. Der stärkste Druck hat am 3. December 1863 stattgefunden, wo er sich auf 135,0 Kilogramm stellte, oder 26,6 Pfund auf den Quadratfuſs. Dieses Observatorium liegt aber ganz frei und nahe an dem Meer. Nach diesen neunundzwanzigjährigen Beobachtungen hat also der Druck des Windes niemals auch nur die Hälfte der von Fresnel angenommenen Stärke erreicht.

Zuweilen erbaut man Leuchtthürme nicht auf dem Ufer, sondern man stellt sie auf einzelne Klippen im Meer. Das Bedürfniſs, letztere zu bezeichnen, namentlich wenn sie in der Nähe von vielfach benutzten Fahrwassern liegen, ist ohne Zweifel sehr dringend, aber die Ausführung bietet alsdann auch übermäſsige Schwierigkeiten, und da in solchem Fall bei starken Stürmen die Wellen nicht nur in groſser Höhe gegen den Thurm schlagen, sondern ihn wohl bis zur Laterne überdecken, so darf bei solcher Anlage der Stoſs der Wellen nicht unberücksichtigt bleiben und man muſs dem Thurm solche Stabilität geben, daſs er nicht nur im Ganzen, sondern auch in jedem Theil diesem Stoſs den nöthigen Widerstand leistet.

Welche Kraft dieser Stoſs ausübt, hat Th. Stevenson an verschiednen Küstenpunkten mit seinem Marine-Dynamometer beobachtet. Die wichtigsten Resultate, zu denen er gelangte, sind bereits § 6 mitgetheilt. Man darf freilich kaum annehmen, daſs der Stoſs, der zuweilen das Dynamometer traf, gleichzeitig die ganze dem Angriff der Wellen ausgesetzte Oberfläche eines Thurms treffen wird, aber andrerseits ist es auch möglich, daſs der Stoſs der Wellen noch stärker werden kann, als er in der Zeit war, wo man das Dynamometer aufgestellt hatte. Alan Stevenson*) weist nach, daſs Thürme, die an den Küsten von Groſsbritannien erbaut sind, vergleichungsweise mit den Resultaten jener Messungen keineswegs eine überflüssige Stabilität besitzen, und man sie sogar als bedroht ansehn müſste, falls die Verschiebung der Schichten über einander nur durch die Reibung zwischen den Steinen, und nicht auch durch die Cohäsion des Mörtels verhindert würde. Diese genügende Stabilität hat man den Thürmen, die in ihren

*) Rudimendary treatise on the history, construction and illumination of lighthouses. London 1850. pag. 25.

Digitized by Google

Formen sich sehr ähnlich sind, dadurch gegeben, dafs man ihre Basis sehr verbreitete, und sie unten ganz massiv aufführte. Auch die darauf stehenden cylindrischen Mauern haben unten gröfsere Stärke als oben, wodurch der Schwerpunkt noch mehr gesenkt wird. Dieses zeigt beispielsweise die Fig. 248 auf Taf. XLIV dargestellte Ansicht des Leuchtthurms auf Bellrock, worin die Stärken der Mauern durch punktirte Linien angedeutet sind.

Man darf indesen nicht erwarten, dafs solche Thürme, wenn sie auch gehörig fundirt und sorgfältig aufgemauert sind, bei Stürmen sich gar nicht bewegen oder nicht schwanken. In der Wärterstube, unter der Laterne des Pillauer Leuchtthurms sah ich einst, dafs das Wasser in einem Glase starke Wellen schlug und über den etwa 1 Zoll vorstehenden Rand überlief. In der Wärterstube des Swinemünder Thurms, die etwa 170 Fufs über dem Erdboden sich befindet, stellte man Anfangs eine gewöhnliche Pendeluhr auf. Beim nächsten Sturm schwangen aber die Gewichte so stark, dafs die Schnüre, an welchen sie hingen, sich um das Pendel schlungen. Diese Bewegungen sind indessen ohne weitren Nachtheil, so lange sie innerhalb der Elasticitätsgrenze des Mauerwerks bleiben.

Es ist bekannt, dafs schon in frühester Zeit Leuchtthürme erbaut wurden. Von einer Anzahl solcher, sämmtlich am Mittelländischen Meere belegen, haben sich Nachrichten in den Schriftstellern des Alterthums erhalten, doch sind diese so unsicher und wahrscheinlich auch so übertrieben, dafs ihre Wiederholung sich nicht rechtfertigen würde. Die wichtigsten dieser Leuchtthürme waren der Kolofs von Rhodus und der Thurm vor Alexandrien. Unbedingt hatten dieselben damals noch gröfsere Bedeutung, als gegenwärtig insofern der Compas noch nicht erfunden war, der Schiffer also in der Dunkelheit nicht sicher wissen konnte, in welcher Richtung er segelte.

Als man vor einigen Jahrhunderten endlich wieder Bauten dieser Art auszuführen begann, wurde unter Heinrich IV. der Thurm auf Cordouan errichtet, der in Betreff seiner luxuriösen Ausstattung bis zur neusten Zeit nicht seines Gleichen findet. Wenn seine Architektur auch keineswegs gebilligt werden kann, da er mit Thürmchen, Spitzen, Säulen und andern Verzierungen überladen ist, so erregt seine Ausdehnung und zwar

Digitized by Google

auf einer Klippe, die bei Hochwasser überfluthet wird und etwa eine Deutsche Meile vom Ufer entfernt ist, doch Bewunderung. Es befand sich nach der Mittheilung von Bélidor*) daselbst nur eine einzige kurze Strecke, auf der eine Art Strand sich gebildet hatte und woselbst bei niedrigem Wasser Böte anlegen und auflaufen konnten. Die Fundamente verbunden mit einer etwa 120 Fufs im Durchmesser haltenden und von einer starken Futtermauer umschlofsnen kreisförmigen Anschüttung erheben sich 27 Fufs über den Felsen. Eine in besonderm Thurm erbaute Wendeltreppe steigt bis zur Laterne an, darunter befinden sich verschiedne Räumlichkeiten, im zweiten Stockwerk aber eine Kapelle, die abgesehn von den vier tiefen Seitennischen 30 Fufs im Durchmesser hält und im Scheitel ihrer Kuppel 37 Fufs hoch ist. Der ganze Bau war 177 Fufs hoch und endigte in eine gleichfalls überwölbte Kuppel, die von acht Pfeilern getragen wurde, zwischen welchen der eiserne Korb stand, worin Holzscheite oder Kohlen gebrannt wurden.

Der Thurm ist in dem Zeitraum von 1584 bis 1610 durch Louis de Foix erbaut. Hundert Jahre später drohte indessen der obere Theil den Einsturz, der wahrscheinlich durch das darin brennende Feuer gelitten hatte. 1717 mufste dieser Theil abgebrochen werden, wobei das Feuer ganz einging. Hierdurch wurden indessen so viele Klagen der Schiffer veranlafst, dafs man sich genöthigt sah, 1727 dasselbe, und zwar in seiner ursprünglichen Höhenlage, wieder herzustellen. Dabei ersetzte man indessen die gemauerte Laterne durch eine gufseiserne. Die Holz- und Kohlenfeuerung behielt man noch bei, bis statt derselben im Jahr 1786 Oellampen vor parabolischen Spiegeln gewählt wurden. 1822 stellte Augustin Fresnel auf diesem Thurm zum ersten mal seinen dioptrischen Apparat auf.

Die Ausführung der Leuchtthürme auf isolirten Klippen wird nicht nur durch die Abgelegenheit der Baustelle, sondern vorzugsweise dadurch wesentlich erschwert, dafs die Felsen, auf die man die Thürme stellen will, von den Fluthen überdeckt werden, woher die Fundirungen, wie auch die untern Mauerschichten nur bei ruhigem Wetter und während weniger Stunden

*) Architecture hydraulique, Civ. III. Chap. VIII.

Digitized by Google

sich ausführen lassen. Die Arbeiter, wie auch die Baumaterialien und Geräthschaften müssen also auf Schiffen untergebracht werden, die in der Nähe stationirt sind, damit die kurze günstige Arbeitszeit vollständig benutzt werden kann. Zuweilen errichtet man auch auf den Klippen fest verankerte Rüstungen, worauf Baraken gestellt werden, in welchen die Arbeiter während der Fluth sich aufhalten. Beim Bau des Thurms Bellrock ereignete es sich aber, dafs diese Gerüste bei einem Sturm herabgerissen wurden. Von den vielfachen Gefahren bei Ausführung dieses Thurms macht der Erbauer Robert Stevenson ausführlich Mittheilung, und dasselbe thut auch Alan Stevenson, der den Skerryworethurm erbaute.

Der erste unter solchen Verhältnissen ausgeführte Leuchtthurm ist der von Eddystone, der auf dem Felsriff gleiches Namens im Canal, etwa 2 Meilen im Süden von Plymouth steht. Schon am Ende des siebenzehnten Jahrhunderts, nämlich 1696 bis 1698 erbaute hier Wistanley einen 60 Fufs hohen massiven Leuchtthurm, der jedoch schon im November 1703 von den Wellen umgeworfen und vollständig zerstört wurde. Demnächst führte Rudyerd daselbst in den Jahren 1706 bis 1708 einen 92 Fufs hohen hölzernen Thurm aus, der dem Andrange der Wellen zwar hinreichenden Widerstand leistete, aber 1755 abbrannte.

Hierauf wurde John Smeaton der Bau eines neuen Thurms übertragen, den derselbe auch in den Jahren 1756 bis 1759 mit grofser Ueberlegung ausführte, und der bis jetzt, also 120 Jahre hindurch, seinen Dienst versehn hat.*) Zur Baustelle wurde die höchste Klippe des Felsriffs, der sogenannte house-rock gewählt, auf dem auch die beiden frühern Thürme standen, und der nur geringe Ausdehnung hatte, dessen höchste Stelle aber nur so eben von gewöhnlichen Fluthen überdeckt wurde. Auf der Ostseite, unmittelbar neben dem Fufs des Thurms, steigt der Fels senkrecht aus der Tiefe von 5 Faden unter dem niedrigsten Wasser an. Westwärts fällt er flacher ab, doch mifst auch hier im Abstande von 300 Fufs die Tiefe schon 12 Faden, und ist im Allgemeinen

*) Die folgenden Mittheilungen über den Bau dieses Thurms sind entnommen aus dem von Smeaton verfafsten Werk: a narrative of building and a description of the construction of the Edystone lighthouse, London 1791, wovon 1793 eine zweite Ausgabe erschien.

Digitized by Google

ohne Vergleich viel gröfser. Der Fluthwechsel beträgt zur Zeit der Aequinoctial-Springfluthen 18 bis 20 Fufs und bei Südweststürmen setzen sich die Wellen aus dem Biscayischen Meerbusen und selbst von hinter dem Cap Finisterre ungehindert bis zu diesen Riffen fort. Der Fels besteht aus Gneifs, dessen Schichten 26 Grad gegen das Loth geneigt sind, und dessen Festigkeit nach den Versuchen zum Bohren von Löchern zwar nicht besonders war, doch wurde dieser Umstand sogar für sehr günstig gehalten, weil nur dadurch das leichte Einbringen von Ankern ermöglicht wurde.

Es kam nun darauf an, den Thurm sowohl in sich und mit dem Felsen möglichst fest zu verbinden, so dafs kein Theil sich leicht lösen konnte, theils aber auch die Masse desselben so zu vertheilen, dafs er genügende Stabilität erhielt. In letzter Beziehung gab man ihm eine breite Basis, während der Querschnitt, ein Vollkreis, sich weiter aufwärts verkleinerte. Die Form eines kräftigen Eichenstamms wurde dabei zum Muster genommen, der unmittelbar über dem Boden sich stark verbreitet. Die unterste Schicht war nach einem Kreise von 32 Fufs Durchmesser bearbeitet und lag 13 Fufs über dem niedrigsten Wasser. Erst die siebente erreichte, $8\frac{1}{2}$ Fufs höher, den obern Rand des Felsens und war im Vollkreise durchgeführt. Oben mafs der Thurm 15 Fufs im Durchmesser und bis 11 Fufs über höchstem Wasser bildete er eine volle Mauermasse. Hier befand sich die Thürschwelle und die Wendeltreppe, die in der Achse des Thurms noch 15 Fufs bis zum ersten Raum hinaufführte, und von 6 Fufs starken Mauern umgeben war. Die obern Mauern hatten zunächst die Stärke von 2 Fufs, schwächten sich aber weiter aufwärts bis auf 15 Zoll. Sie umgaben vier überwölbte Räume. Ueber dem letzten, in der Höhe von 60 Fufs über Hochwasser tritt das Gesims über die Mauer 2 Fufs weit vor und hier befindet sich die Galerie von einem eisernen Geländer umgeben. Die Brustmauer, welche die Laterne trägt, erhebt sich noch $6\frac{1}{2}$ Fufs über die Thurmmauern. Das Licht brennt 72 Fufs über Hochwasser der Springfluthen.

Das Mauerwerk besteht durchweg aus scharf bearbeiteten Werkstücken und zwar grofsen Theils aus dem Sandstein von Portland. Da dieser aber vom Bohrwurm angegriffen wird, so

Digitized by Google

ist der untre Theil des Thurms mit Granitquadern verblendet. Der Fels, auf den die Steine versetzt wurden, mufste stufenförmig abgearbeit werden, um horizontale Schichten darzustellen. Erst die siebente Schicht umfafste die ganze Basis des Thurms. Die Steine jeder Schicht griffen schwalbenschwanzförmig in einander, in den obern Mauern sind sie aber durch Klammern oder eingelegte eiserne Ringe verbunden, während eine grofse Anzahl Steindübel, oder cubischer Marmorstücke zur Hälfte in die untre und zur Hälfte in die obere Schicht eingriffen.

Besondre Vorsicht wendete Smeaton auf die Darstellung eines festen Mörtels, und wenngleich die Eigenschaften des Portland- und ähnlicher Cemente damals noch wenig bekannt waren, so sind diese Versuche über die Festigkeit der aus verschiednen Kalkarten dargestellten Mörtel doch wichtig und bilden gleichsam den Anfang der später hierauf verwendeten Sorgfalt.

Der Leuchtapparat bestand zunächst aus 24 Talglichten, die frei in der Laterne brannten. 1810 wurden dafür Lampen mit Spermöl eingeführt, die vor parabolische Spiegel gestellt waren und 1845 wurde ein dioptrischer Apparat II. Ordnung aufgestellt. Die Laterne war zu enge, als dafs man ein Licht I. Ordnung hätte wählen können. Auch ist auf dem Thurm ein Nebelsignal eingerichtet, das aber zur Zeit nur aus einer grofsen Glocke besteht. Vier Wärter versehn gegenwärtig den Dienst, die in bestimmten Zwischenzeiten durch ein Dampfboot mit Proviant und sonstigen Bedürfnissen versehn werden.

Wiewohl der Thurm in seinen wesentlichsten Theilen sich bisher unversehrt erhalten hat, so zeigte sich dennoch bereits vor längerer Zeit ein bedenklicher Uebelstand. Bei heftigem Wellenschlag, wobei die Wellen nicht nur den ganzen Thurm überdecken, sondern sogar bis zur doppelten Höhe desselben sich erheben sollen, drang nämlich das Seewasser durch die Fugen zwischen den Werkstücken in die überwölbten Räume ein, und der obere Theil des Thurms schien durch die aufsteigende Welle etwas gehoben zu werden. Um dieses zu verhindern, wurde schon 1839 und später wieder 1865 eine kräftige Verankerung zwischen dem starken Gewölbe unter der Galerie und dem untern massiven Theil des Thurms angebracht. Aufserdem wurde auch die Ausladung des Gesimses rings umher um 5 Zoll vermindert,

Digitized by Google

da man meinte, der Stofs des aufsteigenden Wassers gegen dieses veranlasse vorzugsweise die Hebung. Das Eindringen des Seewassers soll seitdem aufgehört haben.

Viel gröfseres Bedenken erregte die Wahrnehmung, dafs die Schwankungen des Thurms bei Stürmen gegenwärtig bedeutend stärker wurden, als früher, und als hierauf der Ingenieur des Trinityhouse, Douglass, erklärte, die Klippe sei unterminirt, mufste die Erbauung eines neuen Thurms sofort in Aussicht genommen werden. Schon zur Zeit des frühern Baues befand sich in der steilen Wand der Klippe eine Höhlung, die bis unter den Thurm in den Felsen sich fortsetzte. Smeaton meinte, dieselbe lasse sich leicht und für mäfsige Kosten ausfüllen, doch hielt er dieses für entbehrlich. Woltman dagegen, der einen Auszug aus der in Rede stehenden Schrift veröffentlichte, sprach schliefslich*) zwei Bedenken gegen die Sicherheit dieses Thurms aus. Zunächst sei der senkrechte Abbruch der Klippe gewifs ursprünglich nicht vorhanden gewesen, sondern habe sich in Folge des Wellenschlags (und Frostes, wie er sagt) nach und nach ausgebildet, es sei also wahrscheinlich, dafs er auch ferner dem Angriff ausgesetzt sein werde, und sonach den daraufstehnden Bau bedrohe. Sodann bemerkt er, dafs die Wände der überwölbten Räume „äufserst subtil" gehalten seien und daher die Stabilität des Thurms im obern Theil verhältnifsmäfsig zu gering wäre. So machte also Woltman schon im vorigen Jahrhundert auf die Gefahren aufmerksam, die sich nunmehr thatsächlich herausgestellt haben.

Hierzu kamen noch andre Uebelstände. Das Licht brennt weder hoch genug, noch hat es solche Stärke, dafs es bis zur Mitte des Canals gesehn werden kann. Die geringe Gröfse der Laterne gestattet aber nicht, einen kräftigern Apparat aufzustellen, noch ein Drehfeuer einzurichten, wodurch die Intensität des Lichts verstärkt werden könnte. Auch erschien es nothwendig, ein starkes Nebelsignal auf dem Thurm anzubringen, wozu es gleichfalls an der nöthigen Räumlichkeit fehlte.

Aus diesen Gründen hat das Trinityhouse seit einigen Jahren

*) Beiträge zur hydraulischen Architectur III. Band. Göttingen 1794. Seite 290.

Digitized by Google

beschlossen, diesen Thurm eingehn zu lassen und dafür einen andern auf denselben Riffen zu erbauen. Der neue Thurm soll auf das sogenannte South reef, 40 Yard von jenem entfernt aufgestellt werden. Dasselbe liegt freilich bedeutend niedriger, stellenweise sogar 4 Fufs unter Niedrigwasser der Springfluthen, und wird selbst in den höchsten Punkten erst bei halber Ebbe trocken, es dacht indessen rings umher flach ab, woher man den Abbruch des Felsens oder das Unterwaschen desselben sobald nicht besorgen darf.

Es ist Absicht, auf der Klippe zunächst einen ganz massiven Cylinder von 44 Fufs im Durchmesser aufzuführen, der sich bis 22 Fufs über Hochwasser der Springfluthen erhebt, darauf aber den Thurm zu stellen, der in dieser Höhe seinen Eingang hat, unten $35\frac{1}{2}$ Fufs, in der Höhe von 142 Fufs über Hochwasser aber 23 Fufs im Durchmesser hält. Hiernach bildet sich rings um den Thurm ein mit einem eisernen Geländer umgebener Gang, während oben wieder eine Galerie die geräumige Laterne umschliefst. Das Licht wird 150 Fufs über Hochwasser brennen, und zwar ist elektrisches Licht vorgeschlagen, während die dazu erforderliche Dampfmaschine bei Nebel zugleich eine Sirene erschallen läfst. Der Thurm soll neun überwölbte Räume unter einander erhalten, während die Wandstärke des untern $8\frac{1}{2}$ Fufs, die des obern aber $2\frac{1}{4}$ Fufs mifst. Im Uebrigen soll die Ausführung und Construction des neuen Thurms ganz der des alten entsprechen. Der von Douglass aufgestellte Anschlag schliefst auf die Summe von 70 000 Pfund ab*).

Ein andrer ähnlicher Thurm wurde im Anfang dieses Jahrhunderts auf Bell-Rock ausgeführt. Dieser Klippe ist bereits bei Gelegenheit der Buoyen Erwähnung geschehn. Sie war für die in der Frith of Forth einlaufenden Schiffe besonders gefährlich, und um ihre Lage zu bezeichnen, hatte schon in früherer Zeit der Abt des Klosters Oberbrothwick darauf eine Buoye mit einer Glocke auslegen lassen, woher sie ihren Namen erhielt. Später stellte man wiederholentlich hölzerne Baaken darauf, die aber immer von der See bald zerschlagen wurden. 1806 entschlofs man sich endlich zur Errichtung eines Leuchtthurms,

*) Engineer 1878. II. pag. 9.

Digitized by Google

dessen Bau Robert Stevenson übertragen wurde. Die Ausführung erfolgte unter sehr grofsen Schwierigkeiten in den Jahren 1807 bis 1811*) Fig. 248 auf Taf. XLIV zeigt die Ansicht des Thurms und in den punktirten Linien zugleich seinen Durchschnitt. Er ist 100 Fufs hoch. Die Verbindung der Werkstücke in den einzelnen Schichten, wie auch mit den darüber und darunter liegenden Schichten erfolgte wieder nach dem von Smeaton befolgten Verfahren.

Demnächst wurde mitten in der Mündung der Carlingfordbay an der östlichen Küste von Irland ein ähnlicher Leuchtthurm von George Halpin erbaut, der 111 englische Fufs hoch ist. Am Schlufs des Jahrs 1830 wurde das Feuer darin zum erstenmal angezündet. Alan Stevenson rühmt die Kühnheit dieses Baues.

Ferner ist der Leuchtthurm auf der Klippe Skerryvore zu erwähnen, den Alan Stevenson 1838 bis 1842 ausführte. Die Schwierigkeiten, welche dieser Bau veranlafste, scheinen noch gröfser, als sonst gewesen zu sein. Der nächste Punkt war die Südspitze der Insel Tyree zwischen den Hebriden und Schottland. Dieselbe war aber von der Baustelle 3 Deutsche Meilen entfernt und bot weder einen stets zugänglichen und sichern Hafen, noch konnten von dort Materialien oder sonst irgend welche Hülfsmittel zur Erleichterung des Baues beschafft werden. Die Skerryvoreklippen waren aber für die Schiffahrt überaus gefährlich, da sie auf dem Wege zwischen Liverpool und der Mündung der Clyde lagen. Der hier errichtete Leuchtthurm ist 138 Fufs hoch, in seiner äufsern Form ist er den andern ähnlich, doch hielt der Erbauer es für entbehrlich, die mühsamen und kostbaren Verbindungen der neben einander liegenden Steine, sowie der Schichten unter sich anzuwenden. Er versetzte die Werkstücke mit geraden Stofsfugen und stellte nur mittelst eingelassener Würfel oder Diamanddübel die nöthige Verbindung zwischen ihnen dar. Die Verbindung der Schichten schien ihm aber nur in der ersten Zeit, nämlich bis zum vollständigen Erhärten des Mörtels, geboten. Er setzte daher hölzerne Cylinder in einzelne Steine ein und liefs sie zugleich in die darüber liegenden greifen. Sie waren aber gespalten und wurden mit Holzkeilen

*) An account of the Bell-Rock lighthouse by Robert Stevenson. Edinburgh 1824.

Digitized by Google

versehn, die unter dem Druck der Steine tiefer eindrangen und einen sichern Schlufs darstellten.*)

Unter besonders schwierigen Verhältnissen ist in neuster Zeit der Bau eines massiven Leuchtthurms auf der westlichen Küste von Frankreich begonnen. Vor dem Département Finistére liegen westwärts ausser vielen andern kleinern zwei gröfsere Inseln, nämlich Ouessant und Sein, die am weitesten in den Atlantischen Ocean vortreten. Die erste ist durch ein Feuer I. Ordnung bezeichnet, von der letztern aber setzt sich noch in westlicher Richtung ein Riff einzelner Klippen etwa 8 Seemeilen fort, das in weiterer Entfernung sich immer tiefer senkt. Dieses Riff heifst Chaussée de Sein. Vielfache Strandungen sind hier stets vorgekommen, da die Ausdehnung des Riffs sich nicht deutlich bezeichnen liefs. Das Auslegen eines Leuchtschiffs war wegen der grofsen Meerestiefe und des felsigen Bodens unmöglich, die Gefahr wird aber durch die überaus heftige Fluth- und Ebbeströmung, die sich bis acht Knoten steigert, noch wesentlich vergröfsert.

Um wenigstens die Richtung zu bezeichnen, in der das Riff sich hinzieht, wurden 1825 zwei Leuchtthürme erbaut, einer auf dem Cap Raz, also auf dem festen Lande, und der andre auf der Insel Sein. Indem die Grenze der Klippen hierdurch nicht markirt werden konnte, so blieb der Erfolg sehr gering und Strandungen, verbunden mit dem Untergange der gesammten Besatzungen der Schiffe, wiederholten sich nach wie vor.

1860 wurde angeordnet, es solle untersucht werden, ob sich nicht auf einer der äufsern Klippen, die bei Niedrigwasser noch trocken wird, ein Leuchtthurm I. Ordnung erbauen lasse. Eine solche Klippe war allerdings vorhanden. Sie führte den Namen Ar-Men und war so hoch, dafs sie zur Zeit der Springfluthen etwa 5 Fufs über Niedrigwasser trat. Der Zugang war indessen so beschwerlich, dafs es erst nach mehreren Jahren einem Ingenieur gelang, auf diese Klippe zu gelangen und einige flüchtige Messungen darauf vorzunehmen. Sie war etwa 25 Fufs breit und 50 Fufs lang, vielfach durch tiefe Einrisse gespalten und fiel im Allgemeinen von Westen nach Osten etwas ab. Sie bestand aus ziemlich festem Gneifs.

*) Account of the Skerryvore lighthouse by Alan Stevenson. London 1848.

Digitized by Google

Indem unter diesen Umständen die Möglichkeit des Gelingens nicht ausgeschlossen war, wurde bestimmt, es solle der Versuch gemacht werden, ob ein massiver Bau sich ausführen liefs. Zunächst kam es darauf an, sowohl unter dem Thurm, wie auch Behufs der Rüstungen und Krahne eine Menge Löcher in den Fels zu bohren. Besondre Arbeiter dafür anzunehmen verbot sich, weil nur selten und nur zufällig Gelegenheit war, einige wenige Stunden hiermit beschäftigt zu sein. Die Fischer von Sein liefsen sich indessen überreden, gegen hohe Preise diese Arbeit auszuführen. Sie wurden mit den nöthigen Werkzeugen, und aufserdem mit Schwimmgürteln versehn, weil bei der stets bewegten See die Wellen fortwährend über die Felsen schlugen und oft so hoch darüber traten, dafs sie die darauf befindlichen Leute fortspülten.

So oft die Gelegenheit günstig schien, fuhren die Fischer hinüber. Zwei Mann stiegen aus jedem Boot auf die Klippe, während die Andern daneben hielten, um jedem Herabfallenden sogleich nachfahren zu können. Die beiden Gelandeten legten sich flach nieder, und klammerten sich mit einer Hand an irgend welche vortretende Felsecke an, während sie in der andern Hand entweder den Bohrer oder den Schlägel führten. In dieser Weise wurden im Jahr 1867, wo man 7 mal Gelegenheit hatte, an die Arbeit zu gehn, 15 Löcher von 1 Fufs Tiefe gebohrt. Im folgenden Jahr landete man 16 mal und bohrte 40 Löcher.

Hierauf konnte 1869 die Mauerarbeit begonnen werden. Verzinkte Eisenstäbe wurden in die Bohrlöcher getrieben und dazwischen kleine Steine vermauert, bis man eine so regelmäfsige Ebene dargestellt hatte, dafs man Werkstücke versetzen konnte. Die Steine, wie den schnell bindenden Medinacement von Parker mufsten die Arbeiter beim Landen selbst herauftragen. Dieselben wie auch die Ingenieure hatten sämmtlich Schwimmgürtel umgeschnallt, und um die Arbeit einigermaafsen zu sichern, safs auf der Klippe noch ein zuverlässiger Seemann, der nur die Wellen beobachtete und sowohl den Eintritt einiger Ruhe, wie auch das Anrollen besonders hoher Wellen verkündete. Um jede günstige Gelegenheit zu benutzen, und auch die Rückfahrt zu sichern, lag ein kleines Dampfboot stets zur Verfügung, das aber nicht selbst anlegen konnte, sondern die hierzu bestimmten kleinen Böte mit sich führte. Ende 1869 hatte man nahe 6 Schachtruthen Mauer-

Digitized by Google

werk ausgeführt, und 8 Jahre später war man bis über das höchste Wasser gekommen.*)

Vielfach werden Leuchtthürme aus Eisenstäben und Blechen construirt, besonders wenn es darauf ankommt, vor Häfen oder Strommündungen Sandbänke kenntlich zu machen, die, wenn man massive Fundamente darauf stellen wollte, sich daneben so vertiefen würden, dafs der Bau in Gefahr käme. Die durch weite Zwischenräume getrennten dünnen eisernen Säulen üben dagegen so wenig Wirkung auf die Wellen aus, dafs die Verhältnisse unverändert bleiben und die Sandbank nicht anders, als früher angegriffeu wird, also ihre bisherige Form und Höhe behält. Gewöhnlich braucht ein solcher Thurm auch keine grofse Höhe zu erhalten, da er nur ein bestimmtes Fahrwasser bezeichnen soll. Er trägt daher nur eine kleine Laterne nebst der dazu gehörigen Wärterstube, und wird von einer geringen Anzahl eiserner Stäbe, die mittelst Grundschrauben aufgestellt sind, sicher getragen.

Etwa 5 Deutsche Meilen vor der Mündung der Themse, zur Seite der tiefern Rinne Kings-Channel genannt, liegt die ausgedehnte Bank Maplin-Sand, die bei niedrigen Ebben trocken wird. Früher lag hier ein Leuchtschiff, dessen Unterhaltung jedoch sehr kostbar war, weil bei dem zeitweisen Aufsetzen auf den Grund und zwar in offner See vielfache Beschädigungen eintraten. Nachdem Mitchell die Grundschraube erfunden hatte, wurde 1838 versucht, auf solche hier ein kleines festes Feuer zu stellen. Die Schrauben hielten $4^1/_2$ Fufs im Durchmesser, während ihre cylindrischen Achsen aus gewalztem Eisen 5 Zoll stark waren.

Von einem vor Anker liegenden Flofs aus wurden diese Stiele bei ruhiger See mittelst einer grofsen Erdwinde, die 30 Mann drehten, in den Sand eingeschroben. Ein Stiel stand in der Mitte und acht andre, 20 Fufs von diesem entfernt, bildeten ein Achteck von 40 Fufs Durchmesser. Der weitere Bau blieb vorläufig noch ausgesetzt, indem man sich überzeugen wollte, ob diese dünnen Säulen irgend welchen Einflufs auf die Sandablagerung äufsern würden. Letztere war mit einer dünnen Faschinenlage überdeckt, worauf ein mit Steinen beschwerter hölzerner Rost lag.

*) Exposition universelle à Paris. Notices sur les modèles, cartes et dessins rélatives aux travaux des ponts et chaussées. Paris 1878. pag. 247.

Digitized by Google

Die Höhe dieses Rostes wurde lange Zeit hindurch gegen die Köpfe der Stiele gemessen, und es zeigte sich dabei keine weitere Veränderung, als dafs sich einiger Sand auf den Rost legte.

Nunmehr ging man zum weitern Aufbau über. Es wurden neun gufseiserne Röhren auf die Stiele gestellt und an die 4 Fufs langen Schafte derselben befestigt. Diese Röhren waren 11 Zoll stark und 9 Zoll weit. An dieselben waren die nöthigen Ansätze angegossen, so dafs sie mittelst Riegeln und Zugbändern unter sich gehörig verbunden werden konnten. Ihre Köpfe waren etwas einwärts gebogen, und in diese schob man wieder hölzerne Stiele ein, welche den Oberbau trugen. Letzterer hatte einen achteckigen Querschnitt und enthielt die Wohnstube nebst Kammer der beiden Wärter, wie auch in dem untern pyramidalen Raum die Gelasse für Wasser, Kohlen und sonstige Vorräthe. Ueber dem Wohnraum befindet sich eine Galerie und die Laterne von 12 Fufs Durchmesser. Das Licht brennt 43 Fufs über dem mittlern Meeresspiegel. Die abwärts gekehrte Pyramide scheint den Zweck zu haben, dafs sie den Stofs der Wellen von dem Thurm ablenken soll, falls diese sich zuweilen sehr hoch erheben. Die Einstellung der Schrauben war in einigen Tagen beendigt und der fernere Bau nahm noch nicht drei Monate in Anspruch. Seit dem 10. Februar 1841 brennt hier das Licht. Fig. 249 zeigt die Seitenansicht des Thurms.

Nachdem dieser erste Versuch gemacht war, sind an verschiednen Stellen der Küste von England und Schottland in ähnlicher Weise Leuchtthürme erbaut, wie zum Beispiel bei Fleetwood und Belfast Lough. Man ist indessen dabei von der beschriebenen Construction in sofern abgewichen, als man auf die Schafte, woran die Schrauben befestigt sind, unmittelbar den kleinen Wohnraum mit der Laterne gestellt hat, wodurch der Bau sich wesentlich vereinfachte. Später ist auch an der Französischen Küste ein interessanter Bau dieser Art zur Ausführung gekommen. Der Strand, der bei der Fluth unter Wasser gesetzt wird, ist schon bei Calais ziemlich breit, weiter östlich verbreitet er sich noch mehr und tritt zwischen Calais und Gravelines bei dem kleinen Orte Walde etwa eine Viertel Deutsche Meile vor die Grenze des Hochwassers vor. Der äufsere Rand dieses Strandes ist hier durch einen solchen Leuchtthurm bezeichnet. Die Sand-

Digitized by Google

fläche, worauf derselbe steht, wird bei todten Fluthen gar nicht trocken und erhebt sich nur etwa 1 Fuſs über das Niedrigwasser der gewöhnlichen Springfluthen. Sieben eiserne Säulen, welche unten an gufseiserne Schrauben von 2 Fuſs Durchmesser genietet sind, reichen $16^1/_2$ Fuſs tief in den Sand hinein. Diese Säulen bestehn aus gewalztem Eisen und sind 48 Fuſs lang und nahe 6 Zoll stark. Diese Länge genügte aber noch nicht, um die nöthige Höhe zu erreichen, die Säulen mufsten daher durch Ansätze verlängert werden, die 22 Fuſs lang, unten 5 Zoll und oben 4 Zoll stark sind. Die untern Enden der letztern haben aber eine bedeutend gröfsere Stärke, da hier Löcher eingebohrt und mit Schraubengewinden versehn sind. Die entsprechenden Schraubenspindeln befinden sich an den obern Enden der untern Säulen. Eine dieser Säulen steht senkrecht, und die sechs andern, die nach innen geneigt sind, umgeben sie gleichmäfsig und bilden die Kanten einer sechsseitigen Pyramide. In der Oberfläche der Sandbank sind die Säulen unter sich wie auch von der mittlern 19 Fuſs entfernt, in dem Rahmen, der sie in der Höhe von 42 Fuſs verbindet, beträgt ihr gegenseitiger Abstand nur 8 Fuſs. Um jede Säule sind in drei verschiednen Höhen Zugbänder gelegt, die aus je zwei Hälften bestehn und sehr fest angeschroben werden konnten. Diese sowohl, wie auch die gufseisernen kleinen Capitäle, welche auf die Säulen gesetzt sind, haben Ansätze, an welche theils horizontale Riegel geschroben sind, die jede Säule mit den beiden nächsten äufsern, wie auch mit der mittlern verbinden, theils aber sind von hier aus auch schräge Zugstangen sowohl nach der mittlern, wie nach den benachbarten Säulen geführt. Der erwähnte Rahmen, der auf den Köpfen der Säulen ruht, trägt mittelst eiserner Consolen die untere Galerie, die wieder ein Sechseck von 11 Fuſs Seite bildet. Sie befindet sich 21 Fuſs über dem Hochwasser der Aequinoctial-Springfluthen. Auf ihr steht der sechseckige Wohnraum der Wärter, dessen Seite 8 Fuſs mifst, und auf diesem ruht eine zweite Galerie mit der Laterne. Letztere hält nur 6 Fuſs im Durchmesser. Das Feuer brennt 32 Fuſs über Hochwasser der Aequinoctial-Springfluthen. Es mufs aber noch bemerkt werden, dafs der ganze Bau nur aus Eisen besteht, und ohne den Erleuchtungs-Apparat nahe 29000 Thaler kostete.

Digitized by Google

Von dieser Construction der Leuchtthürme, welche überaus bequem und schnell darzustellen, auch vor Unterspülung vollkommen gesichert ist, wenn sich nicht etwa die Lage der Sandbänke verändern sollte, hat man in der Ostsee noch keinen Gebrauch gemacht, weil man besorgt, dafs ausgedehnte Eisfelder, wie solche hier zuweilen längs der Küsten treiben, die Eisenstäbe zerbrechen möchten. Nichts desto weniger hat die Leuchtbaake auf dem Kopf der verlängerten Ostmole vor Swinemünde, die Fig. *C* 3 auf Taf. XXXIII *a* dargestellt ist, hiermit einige Aehnlichkeit. Der untere Theil derselben ist nicht nur dem Stofs der bei hohem Seegang überschlagenden Wellen ausgesetzt, sondern die Gefahr ist auch nicht ganz beseitigt, dafs mit den Wellen vielleicht einzelne Steine dagegen geschleudert werden möchten, wie solches bei der alten massiven Baake, die etwas weiter landeinwärts stand, nicht selten geschah. Die Laterne nebst der Wärterstube und dem Materialienraum wird daher nur von eisernen Eckschienen getragen und die Treppe, die jedenfalls umschlossen werden mufste, ist auf das möglichst geringste Maafs beschränkt und befindet sich in einem Blechcylinder von 4 Fufs Durchmesser.

Wenn die auf eisernen Säulen stehenden Leuchtthürme sonst nur geringe Höhe haben, weil sie nur die Eingänge von Häfen oder einzelne Untiefen bezeichnen, so macht hiervon der auf der Trinity-Bank im Mexicanischen Meerbusen in gleicher Weise erbaute Thurm eine Ausnahme. Derselbe ist ein Küstenfeuer und 20 Seemeilen vom Ufer von Louisiana entfernt. Sein Feuer, I. Ordnung, brennt 131 Fufs über dem Spiegel der See. Etwa 20 mit Grundschrauben versehene eiserne Stiele tragen ihn, 15 Fufs über dem Wasserspiegel befindet sich ein geräumiger eiserner Bau, der die Wärterstube nebst Materialien-Gelassen enthält, und von hier steigt in einem 8 Fufs weiten Blechcylinder die Wendeltreppe bis zur Laterne heran. Letztere ruht indessen nicht auf diesem Cylinder, sondern die Säulen des Achtecks setzen sich bis zu ihr fort und unterstützen sie.

Es giebt noch eine andere Art von eisernen Leuchtthürmen, die jedoch, wie es scheint, in Europa selten ausgeführt sind, und bei denen man das Eisen nur gewählt hat, um an Orten, wo es an Material oder an brauchbaren Arbeitern fehlt, den vorher vollständig zugerichteten Thurm hinbringen und schnell aufstellen

Digitized by Google

zu können. So sah ich 1841 einen Thurm dieser Art in Pimlico-Street in London aufgestellt, der nach Westindien bestimmt war. Er hatte die Höhe von 78 Fufs, hielt unten $18\frac{1}{2}$ Fufs und oben $11\frac{1}{2}$ Fufs im Durchmesser und bestand ganz aus Gufseisen. Die Platten, aus denen er zusammengesetzt war, hatten im untern Theil die Stärke von 1 Zoll, oben dagegen nur $\frac{3}{4}$ Zoll. Sie waren an den innern Seiten mit vorstehenden Rändern versehn und mittelst dieser an einander geschroben. 8 Räume befanden sich über einander, die wieder durch eiserne Decken getrennt und durch eiserne Treppen verbunden waren. Wie mir gesagt wurde, sollte der Thurm nach seiner definitiven Aufstellung 15 Fufs hoch mit Béton gefüllt werden, um ihm die nöthige Stabilität zu geben. Eine grofse Anzahl ähnlicher Thürme hat Alexander Gordon in neuerer Zeit nach den entlegensten Küsten geliefert.

Es müssen hier noch die Leuchtschiffe erwähnt werden, die nichts andres, als schwimmende Leuchtthürme sind. Zu bedeutender Höhe kann man auf ihnen die Laternen nicht erheben, und dieses ist auch in sofern nicht erforderlich, da sie niemals als Küstenfeuer benutzt werden, die weithin sichtbar sein müfsten, sie vielmehr immer nur einzelne Untiefen oder die Eingänge in beschränkte Fahrwasser bezeichnen. Die Schiffe selbst müssen in der Art construirt sein, dafs sie im Wellenschlag möglichst wenig schwanken oder rollen, es ist daher vortheilhaft, wenn sie scharf gebaut sind, doch verbietet sich dieses oft dadurch, dafs man gezwungen ist, sie unmittelbar auf die Sandbänke zu legen, auf welche sie bei tieferem Eintauchen aufstofsen würden. Man verstärkt in solchem Fall ihre Stabilität dadurch, dafs man ihnen noch zwei Seitenkiele giebt.

Demnächst ist es nothwendig, dafs das Leuchtschiff seine Stellung scharf inne hält. Läge es vor einem Anker, wobei die Kette lang ausgelassen sein müfste, damit der Anker möglichst horizontal gezogen wird, so würde es bei wechselnden Winden einen weiten Kreis um den Anker beschreiben und dazu käme noch, dafs der Anker selbst nicht fest läge, da er bei dem entgegengesetzten Zug seine Richtung ändern müfste und einige Zeit hindurch schleppen würde, bevor er im Boden den nöthigen Widerstand fände. Das Schiff vor zwei Anker zu legen, die es in verschiednen Richtungen halten, ist noch weniger zulässig,

Digitized by Google

da es sich jedesmal in den Wind stellen mufs, um einem zu heftigen Stofs der Wellen entzogen zu werden. Man pflegt daher das Leuchtschiff allerdings vor zwei Anker, jedoch nur an eine Ankerkette zu legen. Die eine Ankerkette wird nämlich in hinreichendem Abstand vom Anker mit einem starken Ring versehn, und wenn der andre Anker in gleichem Abstand von diesem Ring herabgelassen ist, zieht man seine Kette durch den letztern und vor dieser liegt das Schiff. Die beiden Anker werden demnach, wie das Schiff sich auch immer stellen mag, nur gegen einander gezogen, sie verändern daher nie ihre Richtung und bleiben immer fest, aufserdem tritt dabei noch der günstige Umstand ein, dafs die Kette schärfer angeholt, also steiler gestellt werden darf, wodurch der Kreis, in welchem das Schiff sich bewegt, wesentlich verkleinert wird.

Dafs man dieser Vorsicht unerachtet dennoch für hinreichend schwere Anker sorgen mufs, damit das Schiff nicht forttreibt, bedarf kaum der Erwähnung. Wenn solches geschehn sollte, so ist das Aufnehmen und neue Verlegen der Anker an die richtige Stelle nothwendig. Hierzu ist aber die schwache Bemannung des Schiffs, die für den gewöhnlichen Dienst genügt, nicht fähig. Es mufs also alsdann durch vereinbarte Signale Hülfsmannschaft nebst Böten herbeigerufen werden, und zwar ist es dringend nothwendig, dafs dieses möglichst schnell geschieht, weil der inzwischen vorbeisegelnde Schiffer von dem Vertreiben des Leuchtschiffs keine Kenntnifs hat und durch dasselbe leicht veranlafst werden kann auf den Grund zu laufen.

Ein grofser Uebelstand tritt endlich noch ein, wenn Leuchtschiffe in Gewässern ausgelegt werden müssen, welche entweder selbst zufrieren, oder wo ausgedehnte Schollen vorbeitreiben. In beiden Fällen müssen die Schiffe fortgeschafft werden, bevor solche Gefahr eintritt, und dürfen auch nicht früher wieder ausgelegt werden, als bis diese Gefahr beseitigt ist. Indem nun eines Theils das Ausheben und Verlegen der Anker nur mit Hülfe andrer Mannschaft erfolgen kann, andern Theils aber die Häfen, wohin man die Schiffe bringen kann, meist nicht in der Nähe sind, so mufs man es vermeiden, diese mühsamen und kostspieligen Manöver im Anfange oder am Ende des Winters mehrmals zu wiederholen, und so geschieht es denn häufig, dafs nach dem

Digitized by Google

Abfahren der Leuchtschiffe, oder vor der Wiedereinstellung derselben die Witterung den Schiffsverkehr gestattet, und alsdann die bittersten Klagen erhoben werden, dafs gerade in der Zeit, wo die Leuchtschiffe am dringendsten wären, sie im Hafen liegen.

Ohnerachtet dieser Uebelstände sind die Leuchtschiffe dennoch von wesentlichem Nutzen für den Schiffahrtsbetrieb und in vielen Fällen sogar unentbehrlich.

Die Laternen, womit sie versehn werden, müssen jedesmal möglichst festgehalten werden, damit sie nicht noch stärker schwanken, als die Masten selbst. Man pflegt sie daher unmittelbar neben den letztern anzubringen. Zuweilen sind drei oder vier derselben an einem Ring befestigt, der den Mast umfafst, oder eine einzelne Laterne wird von einem Arm gehalten, der aus jenem Ringe austritt, und damit letzterer sich nicht dreht, wird die Richtung des Arms durch scharf angeholte Leinen gesichert. In neuerer Zeit umgiebt man auch diese Lampen mit Linsen- und Prismen-Apparaten kleinster Ordnung. Liegen mehrere Leuchtschiffe in so geringen Abständen aus, dafs man sie verwechseln könnte, so werden sie dadurch kenntlich gemacht, dafs sie theils ein oder zwei Lichte, zuweilen sogar drei Lichte zeigen. Grofse Ballons an den Masten, in gleicher Anzahl, wie die Lichte, machen bei Tag die Leuchtschiffe kenntlich.

Schliefslich mufs noch daran erinnert werden, dafs sowohl die Leuchtthürme, wie auch die Leuchtschiffe nur gesehn werden können, wenn die Luft noch einigermaafsen klar ist, dafs sie aber bei starkem Nebel selbst in geringen Entfernungen vollständig verschwinden. Um den Schiffer von der Annäherung an eine solche Station in Kenntnifs zu setzen, wurden schon früher bei ungünstiger Witterung Signale mit weit klingenden Glocken gegeben, in neuster Zeit geschieht dieses aber vielfach auch durch andre akustische Apparate. Von diesen sogenannten Nebelsignalen wird im Folgenden die Rede sein.

§ 92.

Leuchtfeuer.

Bis zum Anfang dieses Jahrhunderts wurden die Küsten noch vielfach durch Kohlenfeuer in eisernen Körben bezeichnet,

Digitized by Google

die an langen hölzernen Hebeln, wie die Eimer der Ziehbrunnen, hingen. Durch Holzscheite entzündete man die Kohlen, und wenn dieses geschehn war, hob man die Körbe durch Herabwinden des andern Hebelarms. Bei heftigem Wind entwickelte sich eine starke, weit sichtbare Gluth, bei ruhiger Luft bedeckten sich dagegen die Kohlen mit Asche und selbst in geringer Entfernung konnte man das Feuer nicht sehn. Kurze Zeit vor Beendigung des Leuchtthurmbaues auf Hela klagte noch im Jahre 1824 der Wärter, der ein solches Kohlenfeuer, Bliese genannt, daselbst zu unterhalten hatte, dafs in windstillen Nächten von den vorbeifahrenden Schiffen aus oft in die Fenster seiner Wohnung geschossen würde, weil die Schiffer glaubten, das Feuer sei erloschen und er müsse geweckt werden.

Als Smeaton den Leuchtthurm auf Eddystone erbaut hatte (1759), wurden anfangs darin Talglichte gebrannt. Erst 1807 wählte man die Argandsche Lampe und stellte zugleich versilberte Reflectoren von parabolischer Form dahinter.

Die Erfindung dieser Lampe im Jahr 1784 gab Veranlassung zur wesentlichen Verbesserung der Erleuchtungsapparate. Die bisherigen Lampen, in denen ein massiver Docht brannte, entwickelten kein intensiveres Licht als gewöhnliche Talglichte. Die Verbesserung bestand zunächst darin, dafs ein hohler Docht zur Anwendung kam, dem sowohl von aufsen, wie von innen Luft zugeführt wurde. Die Zuströmung verstärkte aber wesentlich ein Glascylinder über der Flamme, der einem Schornstein ähnlich die bereits benutzte und erwärmte Luft schnell abführte, und dadurch das kräftige Hinzutreten der frischen Luft zur Flamme veranlafste. Endlich bezog sich die Erfindung noch auf die Darstellung eines ziemlich constanten Niveaus in demjenigen Behälter, der unmittelbar den Docht speiste. Zu diesem Zweck war das Oelquantum, das während der Nacht verbrannte, in ein luftdicht geschlofsnes Gefäfs gefüllt, dessen Ausflufsröhre abwärts gekehrt war und jenes Niveau berührte. Es konnte sonach aus diesem nur Oel abfliefsen, wenn ein gleiches Volum Luft durch dieselbe Röhre eingetreten war, und dieses geschah jedesmal, wenn das Niveau sich soweit senkte, dafs es die Oeffnung der Röhre nicht mehr verschlofs.

Lange Zeit hindurch erfuhr diese Lampe keine Veränderung.

Digitized by Google

Auf vielen Leuchtthürmen wird sie auch gegenwärtig noch, und zwar mit sehr günstigem Erfolg in ihrer ursprünglichen Einrichtung angewendet. Im Jahre 1800 hatte zwar Carcel schon vorgeschlagen, dieser Lampe durch ein Pumpwerk das Oel zuzuführen, doch vergingen mehrere Jahrzehnte, ehe diese Verbesserung Eingang fand, und auf den Leuchtthürmen scheint davon nur bei dioptrischen Apparaten Gebrauch gemacht zu sein, weil die Reverbeure sehr bequem Gelegenheit boten, die Oelbehälter dahinter anzubringen. Die Pumpen, welche aus dem unter dem Leuchtapparat stehenden Behälter das Oel heben und durch ein Uhrwerk getrieben werden, führen dem Docht ungefähr viermal so viel Oel zu, als er verbrennt. Derselbe wird daher immer mit frischem und zwar kaltem Oel getränkt und kann weiter ausgeschoben werden, woher er ein bedeutend intensiveres Licht entwickelt. Diese Einrichtung erfordert indessen eine gröfsere Räumlichkeit und läfst sich in dem parabolischen Hohlspiegel, der möglichst wenig unterbrochen werden soll, nicht anbringen, woher in diesen Apparaten die Argandsche Lampe noch angewendet wird.

Eine andre spätere Verbesserung an den Lampen wurde von Augustin Fresnel eingeführt, indem derselbe mehrere, und zwar Anfangs bei den Apparaten erster Ordnung vier concentrische Dochte darstellte, zwischen denen sich kreisförmige Schlitze befinden, durch welche die Luft hinzutreten und jede Flamme sowohl an der äufsern, wie an der innern Seite bestreichen, und dadurch das vollständige Verbrennen der entwickelten Gase überall veranlassen kann. Später hat man bei den kräftigern Apparaten die Anzahl der Dochte ganz allgemein auf fünf und sogar auf sechs ausgedehnt.

Die grofse Intensität des Lichts, welche man in dieser Weise darzustellen im Stande ist, läfst sich indessen nur durch die höchste Sorgsamkeit des Feuerwärters erreichen. Es kommt dabei nicht nur darauf an, dafs die Lampen täglich gereinigt und in gutem Stande erhalten werden, sondern die Dochte müssen auch mit grofser Vorsicht so gleichmäfsig beschnitten werden, dafs die Flammenspitzen über den ganzen Umfang zu gleicher Höhe ansteigen. Diese Höhe mufs aber so grofs sein, dafs nur so eben nicht eine unvollständige Verbrennung oder ein Blaaken

Digitized by Google

eintritt. Der mittlere Docht wird zuerst eingestellt, und nachdem dieses geschehn ist, geht man zum nächsten über, bis man endlich an den äufsern kommt. Auch die Glascylinder müssen in angemefsner Höhe aufgesetzt und vorher erwärmt werden. Ferner hat der Wärter dafür zu sorgen, dafs der Zufluſs des Oels nie unterbrochen wird und immer in angemefsner Stärke erfolgt. Wird hierzu ein Pumpwerk benutzt, so mufs dasselbe gehörig eingestellt und von Zeit zu Zeit aufgezogen werden. Man hat dabei eine Einrichtung getroffen, wodurch der Wärter aufmerksam gemacht wird, sobald das Uhrwerk nahe abgelaufen ist. Der Ueberschufs des den Dochten zugeführten Oels träufelt nämlich ab, und dieses wird zunächst in einem am Boden durchbohrten Gefäfs aufgefangen. Das Bohrloch ist aber so abgemessen, dafs es weniger abführt, als beim gehörigen Gang der Pumpen hinzufliefst. Nur wenn letztere sich langsamer bewegen, was vor dem vollständigen Stillstand geschieht, entleert sich das Gefäfs, und indem es nunmehr leichter wird, so schlägt der Hebelsarm, an dem es hängt, auf und dadurch wird ein Schlagwerk in Thätigkeit gesetzt, welches dem Wärter anzeigt, dafs das Uhrwerk wieder aufgezogen werden mufs.

Ein vorsichtiger Wärter wird aber noch ehe der verzögerte Gang eintritt, der schon eine Schwächung des Lichts und ein stärkeres Verkohlen der Dochte veranlafst, das Uhrwerk aufziehn, und dadurch diese Uebelstände vermeiden. Kommt hierzu aber noch die Verpflichtung, die Spiegel oder die Glasprismen täglich zu reinigen und zu putzen, und dabei jede Beschädigung, und selbst die feinsten Schrammen, zu vermeiden, und die Lampe immer genau einzustellen, auch die Scheiben der Laterne rein zu halten und allen Staub möglichst zu entfernen, so überzeugt man sich wohl, dafs man in der Wahl dieser Leute überaus behutsam sein mufs. In Frankreich, wo man auf den Leuchtthürmen überall eine musterhafte Ordnung und Sauberkeit findet, ist es üblich, nur Männer als Leuchtthurmwärter anzustellen, deren Ordnungsliebe nach gewöhnlichen Begriffen übertieben ist. Daneben wird aber auch auf mechanische Geschicklichkeit und Ueberlegung gesehn, damit sie bei vorkommenden Zufälligkeiten sogleich selbst Hülfe zu schaffen wissen.

Die Französischen Leuchtthürme werden von einer besondern

Digitized by Google

Commission (Commission des phares) verwaltet, deren Mitglieder, grofsentheils Ingenieure, nicht nur die Projecte zu neuen Anlagen oder Verbesserungen aufstellen, sondern auch zu vielfachen localen Revisionen verpflichtet sind, und die Anfertigung und Reparatur der Apparate überwachen. Zugleich haben sie auch die angelieferten Materialien zu prüfen und dieselben den verschiednen Stationen zuzuweisen. Hierdurch wird es möglich, überall Material von vorzüglicher Güte zu beschaffen, und bei der grofsen Uebereinstimmung aller Apparate, jedes Stück in passender Gröfse und Form darzustellen. Die von Paris übersendeten Dochte und Cylinder sind jedesmal von der erforderlichen Weite und Gröfse und passen genau auf die Lampen, für die sie bestimmt sind. Das vor der Einführung des Mineralöls verwendete Pflanzenöl wurde, nachdem es von den mit Pumpwerken verversehenen Lampen abgeflossen war, vor dem Wiedergebrauch aufs Neue gereinigt. Man nannte es Colzaöl. Der Name ist aus dem Deutschen Worte Kohlsaat entstanden. Es wird aus dem Samen des Kohlraps (brassica napus) gewonnen. Noch ist zu erwähnen, dafs man in jeder Laterne eines Französischen Leuchtthurms die normale Ausbildung der Flamme abgebildet findet, und der Wärter verpflichtet ist, die Dochte soweit aufzuschrauben, dafs die Flamme dieselbe Höhe und Gestalt annimmt.

Die Verwaltung der Englischen Leuchtthürme verdient keineswegs eine gleiche Anerkennung. Im Jahre 1858 wurde von der Englischen Regierung eine Commission niedergesetzt, um den Zustand der Leuchtthürme in den vereinigten Königreichen, sowie auch im Auslande zu untersuchen, und sich über die nöthigen Verbesserungen der erstern zu äufsern. Nachdem dieselbe vielfach Localbesichtigungen angestellt, und eine grofse Anzahl von Sachverständigen vernommen hatte, erstattete sie unter dem 5. März 1861 Bericht und fügte zugleich die Besichtigungsprotokolle, so wie auch die ihr schriftlich zugegangenen Nachrichten, und die stenographisch nachgeschriebenen Zeugenvernehmungen bei.*) Die

*) Report of the Commissioners appointed to inquire into the condition and management of lights, buoys and beacons. Vol. I and II. London 1861.

Digitized by Google

hier gemachten Mittheilungen sind ohne Zweifel von der höchsten Wichtigkeit für die Einrichtung von Leuchtfeuern, es ergiebt sich aber daraus, dafs der Dienst auf den Englischen Leuchtthürmen damals keineswegs mit grofser Sorgfalt geführt wurde. Bei den unerwarteten Besichtigungen fand die Commission nicht selten, dafs die Lampen schlecht brannten, dafs die Cylinder zerbrochen waren und die Flammen sich daher nicht gehörig entwickeln konnten, dafs die Dochte nicht richtig beschnitten waren, zum Theil auch zu den Lampen nicht pafsten. Aufser andern Mängeln fand man sogar zuweilen, dafs der mittlere der concentrischen Dochte gar nicht angezündet war. Auffallend ist es daher, dafs dennoch die befragten Schiffer mit grofser Majorität erklärten, die Englischen Feuer seien besser, als die irgend eines andern Landes. Die Commission meint, dafs dieses Urtheil nicht sowohl vom Patriotismus herrühre, als vielmehr davon, dafs die Zeugen vorzugsweise einige Drehfeuer beachteten, in welchen mehrere parabolische Spiegel sehr kräftige Strahlenbüschel bilden.

Auf den Englischen Leuchtthürmen wurde früher vorzugsweise Spermöl von Südseefischen gebrannt, das aber nach Stevenson's Ansicht dem Colzaöl bedeutend nachsteht, weil es weniger leuchtet und bei niedriger Temperatur in höherem Grade, als dieses erstarrt. Hierauf wurde das Pflanzenöl auch auf den Englischen Leuchtthürmen eingeführt. Da dasselbe indessen bei strenger Kälte sich gleichfalls verdichtet und endlich fest wird, so wurde während des Winters unter dem Oelbehälter jeder Argandschen Lampe noch eine kleine Flamme unterhalten, die das Oel etwas erwärmte. Auf dem Pillauer Leuchtthurm war, so lange Leinöl gebrannt wurde, bei starkem Frost keine Lampe dauernd zu erhalten. Der Wärter mufste sie alsdann abwechselnd ausheben und in dem unter der Laterne befindlichen Zimmer so weit erwärmen, dafs sie einige Zeit hindurch wieder brannten. Zuweilen hat man eiserne Oefen in die Laterne gestellt, um das Verdichten des Oels zu verhindern, doch wird dadurch in dem beschränkten Raum die Bedienung des Feuers erschwert, auch wohl der ganze Apparat wegen des dabei unvermeidlichen Staubes gefährdet.

Nachdem in neuster Zeit statt des Pflanzenöls das Mineralöl eingeführt wurde, ist dadurch der so eben erwähnte Uebelstand

Digitized by Google

beseitigt, während zugleich die Flamme sich wesentlich verstärkt hat und die Kosten bedeutend vermindert sind. Auch die Apparate haben sich etwas vereinfacht, in sofern das Petroleum in den Dochten zu gröfserer Höhe ansteigt. Diese Vorzüge waren bereits anerkannt, und das Petroleum hatte im Privatgebrauch schon überall Eingang gefunden, als man noch Anstand nahm, dasselbe auf den Leuchtthürmen zu benutzen. Man fürchtete, die leichte Endzündbarkeit desselben möchte die kostbaren Apparate in Gefahr bringen und möglicher Weise sogar die Unterhaltung des Feuers unterbrechen.

Indem man das Petroleum, wie es aus der Erde flofs, sorgfältiger von den besonders entzündbaren Stoffen reinigte und hierdurch zugleich die Intensität des Lichts verstärkte, verminderte sich indessen diese Gefahr. Diese Besorgnifs ist gegenwärtig wohl als ganz beseitigt anzusehn, wenn das verwendete Material mit Vorsicht dargestellt und jedesmal sorgfältig geprüft ist. Das für Leuchtthürme bestimmte Oel wird theils aus natürlichem Petroleum und theils in Paraffinfabriken aus bituminösem Schiefer gewonnen. Das spezifische Gewicht desselben darf nach den bei uns geltenden Vorschriften nicht gröfser, als 0,8 und äufsersten Falls nur 0,83 sein. Wichtiger ist aber die Probe in Betreff der Dampfentwicklung. Die ersten Spuren der Dämpfe darf man nicht früher, als bei 60 Centesimalgraden bemerken, das angelieferte Oel zeigt solche aber meist erst bei einer Erwärmung von etwa 70 Graden, es gewährt also eine noch gröfsere Sicherheit.

Das zu prüfende Oel wird in einen kleinen Becher aus Blech gegossen. Derselbe schwebt in einem etwas gröfseren, mit Wasser gefüllten Gefäfs. Letzteres wird durch eine Spiritusflamme erwärmt. Der Becher trägt einen Deckel, worin sich zwei Oeffnungen befinden. Durch eine derselben läfst man ein Thermometer soweit herabhängen, dafs die Kugel vom Oel umgeben ist, aus der andern steigt eine kleine Röhre empor, durch welche die über dem Oel sich sammelnden Dämpfe entweichen. Ueber diese Röhre hält man während der zunehmenden Erwärmung ein brennendes Streichhölzchen. Bei der ersten Entwicklung der Dämpfe entzünden sich diese an der Flamme, und zwar erfolgt dabei eine schwache Explosion, wodurch das Zündhölzchen er-

Digitized by Google

lischt. Es kommt hiernach nur darauf an, in diesem Moment den Stand des Thermometers abzulesen.

In früherer Zeit, als die Reinigung des aus Schiefer gewonnenen Oels noch sehr unvollständig erfolgte, oder ganz unterblieb, entwickelten sich aus demselben schon entzündbare Dämpfe, sobald es auf 30, und zuweilen sogar, wenn es nur auf 25 Centesimalgrade erwärmt wurde. Schon damals, nämlich seit 1858, fing man in Frankreich an, bei den Hafenfeuern, die nur einen, vielleicht auch zwei concentrische Dochte hatten, wegen des stärkern Lichts und des geringern Preises, Petroleum zu verwenden. Indem das Oel sich nach und nach verbesserte, waren 1865 die sämmtlichen Französischen Feuer dieser Art hiermit versehn. Drei Jahre später versuchte man sodann das Mineralöl, und zwar ein aus Schottland bei Edinburg bezognes Fabrikat (huile d'Ecosse) auch auf Küstenfeuern, die drei bis fünf Dochte hatten, zu benutzen. Dasselbe ist in der Art gereinigt, dafs die entzündbaren Dämpfe sich erst bei 60 Centesimalgraden entwickeln. Seit 1874 ist auf den sämmtlichen Französischen Leuchtthürmen, so weit sie nicht elektrisch erleuchtet werden, statt des vegetabilischen, das Mineralöl eigeführt, das aber seit 1876 aus einer ohnfern Paris eingerichteten Fabrik bezogen wird. Es mufs erwähnt werden, dafs nach dem bei Gelegenheit der Pariser Ausstellung (1878) schon oben erwähnten Bericht über die Französischen Bauausführungen niemals auf den dortigen Leuchtthürmen die Verwendung des Mineralöls sich als gefährlich erwiesen hat. Wenn die Lampe nur einen oder zwei Dochte hat, so saugen dieselben aus dem unmittelbar darunter angebrachten Behälter das Oel selbst auf, man verengt diese Behälter aber von unten nach oben, damit sie nicht die abwärts gekehrten Strahlen zu sehr auffangen. Bei Lampen mit mehr Dochten mufs für ein constantes Niveau gesorgt werden, doch müssen die Dochte stets über dieses bedeutend vortreten.

Nach dem von der Commission des phares erstatteten Bericht stellt sich der Vergleich gegen das bisher benutzte Colzaöl in der Art, dafs bei Lampen von gleicher Gröfse und gleichen Dochten die Intensität des Lichts sich wie 4 : 3 verhält, während der Verbrauch an Oel sich im Verhältnifs wie 6 : 5 steigert. Die Kosten des gereinigten Mineralöls betragen aber, wenn man

Digitized by Google

wieder das Gewicht berücksichtigt, nur wenig mehr, als die Hälfte des Colzaöls und sonach ist die Unterhaltung derselben Lampe im Verhältnifs von 2 : 3 wohlfeiler, als früher, während das Licht zugleich an Intensität gewonnen hat.

Hierzu kommt der Vorzug des Mineralöls, dafs es bequem 6 Zoll hoch vom Docht aufgesogen wird, während das Pflanzenöl, wenn kein Pumpwerk angebracht ist, in einem constanten Niveau nahe unter der Flamme erhalten werden mufs. Hierdurch wird die Einrichtung der Lampen namentlich für kleine Feuer wesentlich vereinfacht. Endlich ist es auch von grofser Wichtigkeit, dafs das Mineralöl selbst bei dem stärksten Frost, der bei uns vorkommt, seine volle Flüssigkeit behält.

Bei Anwendung des Mineralöls giebt man den Lampen der wichtigsten Feuer fünffache Dochte, die in der Mitte befindliche Luftröhre läfst man aber oft nicht frei austreten, sondern bringt über derselben, etwa im Abstand von einem halben Zoll eine Kupferscheibe an, der Champignon genannt, welche die austretende Luft etwas zur Seite wirft, und sie dadurch in innigere Berührung mit den Flammen bringt.

Auf den Preufsischen Leuchtthürmen ist das Mineralöl noch nicht vollständig eingeführt, da manche Aenderungen in den Lampen nöthig sind, die um so schwieriger werden, als die Feuer jede Nacht brennen müssen. Bis vor Kurzem schien es auch noch zweifelhaft, ob es sich nicht empfehlen möchte, elektrisches Licht in Anwendung zu bringen. Das für die Leuchtthürme mit besonderer Vorsicht gereinigte Oel wird bei uns aus der Fabrik in Rehmsdorf bei Zeitz bezogen, das nach den damit angestellten Versuchen sich vorzugsweise als geeignet gezeigt hat. Nach der Mittheilung des Fabrikanten, Dr. Hübner, wird dasselbe aus dem gewöhnlichen Amerikanischen Petroleum bereitet, doch ist die Reinigung mit solchen Verlusten verbunden, dafs aus 2 Centner Petroleum nur etwa 80 Pfund reines Oel gewonnen werden.

In einzelnen Fällen hat man zur Beleuchtung der Thürme Gas gewählt, wobei allerdings die Behandlung der Lampe und der ganze Wärterdienst sich wesentlich vereinfacht, besonders wenn man das Gas aus einer in der Nähe befindlichen städtischen oder sonstigen Anstalt entnehmen kann. In Sunderland geschieht dieses noch gegenwärtig, und früher wurde der in der Nähe der

Digitized by Google

Lootsenstation von Neufahrwasser befindliche Thurm mit Gaslicht versehn. Diese Art der Beleuchtung hat indessen nur selten Eingang gefunden, und in Neufahrwasser ist man davon wegen der Unregelmäfsigkeit des Lichts zurückgekommen, die namentlich bei heftigem Wind und starker Kälte eintrat.

Nichts desto weniger dürfte vielleicht das Gas unter besondern localen Verhältnissen doch von wesentlichem Nutzen sein, wie auch bereits vorgeschlagen ist. Die Hafenfeuer stehn nämlich gewöhnlich auf den Köpfen der Molen, und wenn bei heftigen Stürmen die Wellen über diese hinüberschlagen, so kann man sie nicht betreten, und eben so gefährlich ist es alsdann auch, mit einem Boote an den Kopf hinanzufahren. Die Verbindung zwischen dem Ufer und dem Thurm ist also für einige Zeit vollständig unterbrochen, und wenn der Wärter auch verpflichtet ist, jeden Abend auf den Thurm zu gehn, so wird ihm dieses zuweilen unmöglich. Wenn er dagegen dauernd auf dem Thurm bleiben soll, so mufs manche Einrichtung getroffen werden, die im kleinen Raum schwer darzustellen ist. Schon bei Beschreibung des Hafens Swinemünde (§ 40 b.) sind diese Uebelstände erwähnt. Das Gas läfst sich dagegen sehr sicher über den Damm fortleiten, und wenn man in der Abwesenheit des Wärters auch die Flamme nicht anzünden kann, so läfst sich dieselbe doch leicht vom Ufer aus verstärken und schwächen. Sobald ein heftiger Sturm in Aussicht seht, wird also schon bei Tage ein schwacher Gasstrom angezündet, und bei einbrechender Dunkelheit braucht man nur das Rohr in angemefsner Weise zu öffnen. Noch sichrer wäre es, für Thürme, die bei besonders ungünstiger Witterung nicht zugänglich sind, dieselbe Anordnung, die bei Buoyen versucht wird (§ 90), zu treffen und mittelst stark comprimirten Leuchtgases in solcher Zeit die Flamme den ganzen Tag hindurch brennen zu lassen.

Da die Sichtweite des Lichts in hohem Grade von seiner Stärke oder Intensität abhängt, so sind in dieser Beziehung nicht nur die Flammen der verschiednen Lampen, sondern auch die in Spiegel- und Prismen-Apparaten gesammelten Lichtmassen untersucht worden. Man vergleicht dabei gewöhnlich die Schatten, welche derselbe Gegenstand nach beiden Seiten wirft, wenn zwei sich gegenüber stehende Lichte ihn bescheinen, und

Digitized by Google

entfernt das stärkere Licht so weit, bis beide Schatten gleiche Dunkelheit zeigen. Man nimmt dabei das Licht einer Carcelschen Lampe, deren Docht zwei Centimeter oder 9,2 Rheinl. Linien im Durchmesser hält, als Einheit an. Nach Reynaud's Untersuchungen*) haben alsdann die bei den verschiednen Ordnungen der Apparate benutzten Oellampen die nachstehenden Lichtstärken:

Ordnung der Apparate	Anzahl der Dochte	Durchmesser der äufsern Dochte	Lichtstärke
I	4	41,3 Linien	23
II	3	34,4 „	15
III	2	20,6—17,5 „	5—3
IV	1	13,8—12,5 „	1,6—1,3

Diese Verhältnisse haben sich aber seit Einführung des Mineralöls bedeutend geändert. Allard**) bezeichnet dieselben in nachstehender Art:

Ordnung der Apparate	Anzahl der Dochte	Durchmesser der äufsern Dochte	Lichtstärke der Flammen
I	5	50,5 Linien	50
II	4	41,3 „	36
III	3	32,1 „	24
IV	2	23,0 „	6,9
V	1	13,8 „	2,2

Indem bei Flammen mit mehrern Dochten das Licht der innern nicht direkt austritt sondern zunächst die äufsern Flammen durchdringen mufs, und auch bei dem einzelnen kreisförmigen Docht schon dasselbe stattfindet, so untersuchte Allard, in welchem Maafs das Licht beim Durchgange durch eine gleiche Flamme sich schwächt. Aus den hierüber angestellten Beobachtungen ergab sich, dafs der Verlust durchschnittlich 28 Procent beträgt, oder das hindurchgedrungene Licht nur noch 0,72 derjenigen Intensität besitzt, die es ursprünglich hatte. Die ganze Lichtmasse einer concentrischen Flamme ist sonach verhältnifsmäfsig viel geringer, als diejenige eines einfachen platten Dochtes.

Im Folgenden wird eingehend erörtert werden, wie man die

*) Mémoire sur l'èclairage et le balisage des côtes de France par Léonce Reynaud. Paris 1864.

**) Mémoire sur l'intensité et la portée des phares. Annales des ponts et chaussées. 1876. II. pag. 1.

Digitized by Google

Sichtbarkeit des Lichts auf weitere Entfernungen ausdehnen kann, indem man die auf- und abwärts gerichteten Strahlen durch katoptrische und dioptrische Apparate in den Horizont wirft, oder sie auch wohl noch in einzelne Bündel vereinigt. Wichtig bleibt aber die Frage, wie weit unter gewöhnlichen Umständen das Licht einer kräftigen Lampe an sich, also ohne solche Apparate, gesehn werden kann. In dieser Beziehung mag nachstehende auffallende Thatsache erwähnt werden. Das Swinemünder Feuer sollte ursprünglich nur den Seehorizont und den vordern Theil des Hafens erleuchten, hierzu genügte es, drei Quadranten mit den Prismenfeldern zu versehn, während der vierte durch sphärische Spiegel geschlossen war. Später trat das Bedürfnifs hervor, auch nach der Haffseite das Licht zu zeigen, und da nach besondern Versuchen die erwähnten Spiegel ohne irgend wahrnehmbare Schwächung des seeseitigen Lichts beseitigt werden konnten, so geschah dieses. Das einfache Lampenlicht des Thurms wird nun, wenn kein Nebel statt findet, nahe hinter dem Ausgange aus dem Papenwasser gesehn. Der Wärter auf dem Leuchtschiff Swantewitz (ohnfern Ziegenort), sagt aus, dafs er es in der Regel jede Nacht deutlich sieht. Die Entfernung vom Swinemünder Thurm mifst aber 4 deutsche oder 16 Seemeilen. Hiernach dürfte man erwarten, dafs bedeutende Resultate auch ohne die dioptrischen Apparate zu erreichen wären, wenn die Flammen sich verstärken liefsen.

Um nahe belegne Leuchtthürme zu unterscheiden, gab man früher den Feuern nicht selten verschiedne Farben, indem man gefärbte Glascheiben davor, oder noch besser, Cylinder aus gefärbtem Glas darüber stellte. Dabei traten jedoch bedeutende Uebelstände ein. Zunächst verändern sich die Farben bei verschiedner Beschaffenheit der Atmosphäre. Im Nebel erscheint das weifse Licht roth und das grüne weifs, wenn daher das Feuer an der Farbe erkannt werden soll, so sind Verwechslungen leicht möglich. Man hat deshalb in neuerer Zeit die Anwendung des gefärbten Lichts auf solche Verhältnisse beschränkt, wo gleichzeitig daneben noch weifses Licht gesehn wird. Hierher gehört der Fall, dafs der Hauptleuchtthurm eines Hafens weifses Licht zeigt. Die kleinen Feuer auf den Köpfen der Hafendämme dagegen rothes und grünes. Andrerseits geben noch manche

Digitized by Google

wichtige Küstenfeuer abwechselnd rothes und weifses Licht. Man setzt dabei voraus, dafs der Eindruck, den ein Blick verursacht hat, bis zum Erscheinen des folgenden anhält, und man durch Vergleichung beider auch bei ungünstiger Beschaffenheit der Luft die Farben noch unterscheiden kann. In diesem Fall müssen jedoch die Blicke sich ziemlich schnell folgen, weil sonst das Urtheil nicht mehr sicher ist. Das Drehfeuer auf der Greifswalder Oie zeigt in der Periode von 3 Minuten nach Verdunkelungen von 45 Secunden abwechselnd rothes und weifses Licht. Dieses Feuer ist bei klarer Luft von Swinemünde aus sichtbar, ich habe aber in dieser Entfernung von 6 Deutschen Meilen nie die Farbe der Blicke unterscheiden können, auffallend war dagegen der Unterschied in der Lichtstärke der abwechselnden Blicke.

Das Licht verliert nämlich durch die Färbung wesentlich an Intensität. Schon das weifse Licht schwächt sich beim Durchgang durch die Luft, und bei dickem Nebel ist es selbst in geringer Entfernung nicht zu sehn. Dafs die Stärke des Lichts in Folge seiner Vertheilung im Raum in gröfserer Entfernung abnimmt, ist an sich klar, und allen photometrischen Messungen legt man die Voraussetzung zum Grunde, dafs die Lichtstärke umgekehrt dem Quadrat der Entfernung proportional ist. Doch hiervon abgesehn, tritt jedesmal noch eine andre Schwächung ein, die von der Absorption der Strahlen in der Atmosphäre herrührt und in hohem Grad durch die Beschaffenheit der letztern bedingt wird. Die Lichtstärke vermindert sich hiernach, aufser jener Vertheilung im Raum, von Meile zu Meile noch in geometrischer Progression, und es erklärt sich hieraus, dafs bei dicker Luft das Licht, in der Nähe gesehn, vollkommen hell zu sein scheint, aber in mäfsiger Entfernung schon verschwindet.

Was die Färbungen betrifft, so verliert das Licht auch hierdurch an Intensität, namentlich bei grüner Farbe ist dieser Verlust übermäfsig grofs, er beträgt zuweilen sogar 95 Procent, woher ein solches Feuer nur in der Nähe gesehn werden kann. Bei dem rothen Licht tritt nach Reynaud's Mittheilungen eine eigenthümliche Erscheinung ein. Bei der vortheilhaftesten Zusammensetzung des rothen Glases (wahrscheinlich geschah die Färbung mit Goldpurpur) ergaben die photometrischen Messungen den Verlust gleich 36 Procent. Bei dem Leuchtthurm von

Digitized by Google

Pontaillac, der abwechselnd rothes und weifses Licht zeigt, bemerkte man aber, dafs bei unklarer Luft in gewisser Entfernung beide Blicke gleiche Intensität hatten und in noch weiterm Abstand das weifse Licht sogar verschwand, während das rothe noch sichtbar blieb. Man mufs annehmen, dafs bei solcher Beschaffenheit der Atmosphäre, wobei das weifse Licht sich roth färbt, die rothen Strahlen weniger absorbirt werden, als die weifsen.

Aufser der verschiednen Färbung des Lichts kann man auch andre charakteristische Unterscheidungen anbringen, aus denen der Schiffer, der in der Nacht der Küste sich nähert, sicher erkennt, an welchem Punkt er sich befindet. Hierher gehört vorzugsweise das in gewissen Perioden erfolgende Verschwinden und Wiedererscheinen des Lichts, oder auch dessen abwechselnde Verstärkung und Schwächung. Hiervon wird im Folgenden die Rede sein.

Ein andres Unterscheidungszeichen beruht darauf, dafs man zwei Feuer über oder neben einander anbringt. Auf Darserort brennen zwei Feuer über einander, indem in demselben Thurm oben ein Drehfeuer und darunter ein festes Feuer angebracht ist. Diese Anordnung ist indessen in sofern bedenklich, als man in Folge der Krümmung der Erde in weiter Entfernung allein das obere Feuer sieht, also der Schiffer dieses leicht für ein einfaches halten kann. Auf Cap la Hêve an der Mündung der Seine stehn dagegen zwei Leuchtthürme 17 Ruthen von einander entfernt, und in beiden brennen in gleicher Höhe Feuer von gleicher Stärke. Ebenso ist vor Kurzem auch auf Rixhöft, nordwestlich von Danzig, wo bereits seit langer Zeit ein Leuchtthurm besteht, 50 Ruthen von demselben entfernt, ein zweiter Thurm erbaut, auf dem ein gleiches Feuer brennt. Diese Anordnung war nothwendig, um eine Verwechslung mit dem 9 Deutsche Meilen entfernten, neuerdings erbauten festen Feuer bei Scholpin zu vermeiden. Ohne Zweifel wird hierdurch in auffallender Weise dieser Punkt kenntlich gemacht, aber die Kosten der Anlage und Unterhaltung sind doppelt so grofs, als wenn man auf einem Thurm ein Feuer eingerichtet hätte.

Die Leuchtthürme sollen, wie bereits bemerkt worden, theils den Punkt der Küste kenntlich machen, dem der Schiffer sich

Digitized by Google

nähert, theils aber haben sie den Zweck, bestimmte enge Fahrwasser, und namentlich die Mündungen der Häfen zu bezeichnen. Im ersten Fall müssen sie weit sichtbar sein, und daher mufs das Licht nicht nur grofse Intensität besitzen, sondern auch in angemefsner Höhe über dem Meeresspiegel brennen. In Frankreich nennt man einen solchen Thurm Phare, im Deutschen giebt es keinen besondern Ausdruck dafür, doch dürfte es passend sein, das Licht desselben Küstenfeuer zu nennen. Das andre Feuer, das nur in geringem Abstand gesehn werden darf, heifst in Frankreich Fanal, bei uns wird es gemeinhin Hafenfeuer genannt.

Jene Küstenfeuer müssen so nahe neben einander liegen, dafs der Schiffer, sobald er sich der Küste nähert, jedesmal wenigstens eins sieht. In Frankreich und in England ist diese Bedingung mit wenigen Ausnahmen erfüllt. In Frankreich erblickt man gemeinhin zwei und oft sogar drei derselben. Nach den Angaben der in England niedergesetzten Commission beträgt die durchschnittliche Entfernung zweier Küstenfeuer

in Frankreich . .	3,1	Deutsche Meilen
in England . .	3,5	„ „
in Irland . . .	8,6	„ „
in Schottland . .	9,9	„ „

An der Preufsischen Küste, die mit Ausschlufs der kleinern Buchten sowie auch derjenigen bei Danzig von der Mecklenburgischen bis zur Russischen Grenze eine Ausdehnung von etwa 100 Deutschen Meilen hat, giebt es gegenwärtig 13 Küstenfeuer, nämlich Darserort, Arcona, Greifwalder-Oie, Swinemünde, Grofshorst, Funkenhagen, Jershöft, Scholpin, Rixhöft, Pillau, Brüsterort, Nidden und Memel, ihre gegenseitige Entfernung mifst also durchschnittlich noch nicht 8 Deutsche Meilen.

Wollte man aber das an der offnen See (zwischen Rixhöft und Hela) belegne Feuer von Heisternest, und die in der Danziger Bucht befindlichen Feuer von Oxhöft und Neufahrwasser hinzurechnen, so würden auf der etwa 110 Meilen langen Uferstrecke 16 Hauptfeuer vorhanden sein, deren gegenseitige Entfernung durchschnittlich nur 7 Meilen mifst. Aufser denselben existiren

Digitized by Google

noch 5 Hafenfeuer in verschiednen Seehäfen, um die Mündungen derselben während der Nacht zu bezeichnen.

Man hat auch versucht, elektrisches Licht auf Leuchtthürmen anzuwenden. Schon 1859 geschah dieses vorübergehend auf dem Thurm South Foreland. Man erhielt dabei überraschende Resultate, indem alle benachbarten Feuer von diesem überstrahlt wurden. In Frankreich hat man auf einem der beiden Thürme auf Cap la Hêve seit dem 26. December 1863 das elektrische Licht unausgesetzt angewendet, während auf dem andern bis zum Sommer 1865 eine Lampe mit vier concentrischen Dochten brannte. Nach den ersten photometrischen Messungen war die Intensität des elektrischen Lichts sechsmal so grofs, als die des andern. Im Abstande von einigen Deutschen Meilen verschwand indessen dieser grofse Unterschied, und das Verhältnifs zwischen beiden stellte sich nur noch wie 5 zu 4.

Wenn dabei auch in den ersten 15 Monaten zehn Unterbrechungen vorkamen, so umfafste die bedeutendste doch nur einen Zeitraum von einer Viertel Stunde, und in den meisten Fällen liefsen sich die Ursachen der Störung leicht erkennen und sicher beseitigen, so dafs deren Wiederholung nicht zu besorgen war. Die Darstellung dieses Lichts hat daher bereits einen solchen Grad von Sicherheit erreicht, dafs in dieser Beziehung ihrer Anwendung auf Leuchtthürmen nichts im Wege steht. Das elektrische Licht ist auch auf diesem Leuchtthurm definitiv eingeführt, doch mufste dasselbe auch auf dem andern Thurm geschehn, da bei der gröfsern Stärke des einen Lichts dieses in weiter Entfernung allein sichtbar blieb, und man es daher nicht als das Feuer von Cap la Hêve erkannte. Diese beiden Thürme zeigen festes Licht. Aufserdem ist auf Cap Gris-Nez ein elektrisches Licht eingerichtet, das in jeder Minute auf 30 Secunden verschwindet. Endlich beabsichtigt man, ein solches auf dem Thurm Planier vor Marseille, welcher umgebaut werden mufs, einzuführen, und zwar mit sehr kurzen Blicken, da er nach Verdunkelungen von 5 Secunden dreimal weifses und einmal rothes Licht, jedes während 10 Secunden, zeigen soll. Dieses Feuer ist nicht Küstenfeuer, sondern bezeichnet nur die Einseglungs-Linie in den Hafen.

Wenn in Frankreich bisher (1878) nur in diesen vier Fällen

Digitized by Google

das elektrische Licht eingerichtet ist, so rührt dieses nach der officiellen Erklärung*) allein davon her, dafs die Aenderung der bestehenden Feuer zu kostbar und zugleich in so fern zu schwierig ist, als eine Unterbrechung nicht eintreten darf. Nichts desto weniger werden überall neben den elektrischen Apparaten auch Oellampen immer bereit gehalten, die man sogleich einbringen und anzünden kann, sobald jene den Dienst versagen sollten.

Der elektrische Strom wird auf dem Thurm Cap la Hêve durch Inductions-Apparate erzeugt. 40 Magnete von Hufeisenform, von denen jeder 120 Pfund trägt, sind an mehrere Scheiben befestigt, und diese werden durch eine Dampfmaschine von vier Pferdekräften so schnell bewegt, dafs sie in der Minute 350 bis 400 Umdrehungen machen. Die Kohlenstifte, die aus den nicht vollständig ausgebrannten Coaks in Längen von etwa 10 Zoll ausgesägt werden, haben quadratischen Querschnitt von $3^1/_2$ Linien Seite. Von jedem derselben verbrennt in der Stunde ein Stück von nahe 2 Zoll Länge. Nach 5 Stunden müssen daher neue Stifte eingesetzt werden, und dieses geschieht dadurch, dafs doppelte Halter angebracht sind, also während die ersten noch brennen, die zweiten schon eingestellt und vollständig zugerichtet werden. Sobald diese den elektrischen Strom aufnehmen sollen, so dreht man nur eine verticale Achse, woran beide Apparate befestigt sind, und gleichzeitig werden diese ein- und jene ausgerückt. Der Bedingung, dafs die Stifte nach Maafsgabe der jedesmaligen Stärke des Stroms einander genähert oder von einander entfernt werden müssen, hat man dadurch genügt, dafs der elektrische Strom selbst, ohne weiteres Zuthun, die Abstände regulirt. Nichts desto weniger hat das Licht dennoch eine sehr verschiedne Intensität, indem dieselbe zwischen 75 und 180 schwankte, wobei wieder die Lichtstärke jener Carcel'schen Lampe als Einheit angenommen ist.

Das elektrische Licht unterscheidet sich von dem Lampenlicht noch wesentlich dadurch, dafs es ohnerachtet seiner grofsen Intensität nur eine sehr geringe räumliche Ausdehnung hat. Seine Breite und Höhe mifst nur etwa $4^1/_2$ Linien, während die Flamme

*) In dem bereits erwähnten Werk: Exposition universelle à Paris 1878.

Digitized by Google

von vier concentrischen Dochten, wenn sie vollständig entwickelt, $3^1/_2$ Zoll breit und $4^1/_2$ Zoll hoch ist. Hieraus entspringt der wesentliche Vorzug, dafs durch die dioptrischen Apparate, die im Folgenden beschrieben werden sollen, selbst wenn sie geringe Dimensionen haben, die Strahlen des elektrischen Lichts viel vollständiger in den Horizont geworfen werden, als dieses bei Lampen möglich ist. Wollte man dagegen das elektrische Licht in die gewöhnlichen katoptrischen Apparate einführen, so würden die Lichtstrahlen nicht hinreichend divergiren, und daher nur an gewissen Stellen sichtbar sein. Durch Verwandlung des parabolischen Spiegels in einen hyperbolischen läfst sich leicht den Strahlen, wenn sie auch nur von einem einzelnen Punkte ausgehn, jede beliebige Divergenz geben. In ähnlicher Weise ist dieses auch bei den Glaslinsen und Prismen zu erreichen.

Obwohl nach Vorstehendem das elektrische Licht wesentliche Vorzüge vor dem Lampenlicht hat, so ist es dennoch nur auf wenigen Leuchtthürmen eingeführt (in England nur auf South-Foreland und Dungeness), und es sind auch wichtige Bedenken dagegen zur Sprache gebracht.

Dafs das Licht an Intensität das Lampenlicht bedeutend übertrifft, leidet keinen Zweifel. Malézieux fand, dafs selbst bei mäfsigen Inductionsmaschinen seine Stärke derjenigen von 1860 Carcel'schen Lampen gleich war. Es blendet fast ebenso stark, wie Sonnenlicht, die Flammen der Oellampen mit fünf Dochten werfen, von ihm beschienen, sehr merkliche Schatten und ein Feuerschein verbreitet sich darüber bei trüber Atmosphäre, wie bei einem heftigen Brand. Erwähnung verdient auch, dafs, wenn man einige Zeit dieses Licht gesehn hat, die sämmtlichen Gaslaternen rothes Licht zu geben scheinen: ein Beweis, dafs das elektrische Licht viel reiner ist.

Die Besorgnifs, dafs die Apparate leicht ihren Dienst versagen könnten, und das Feuer unterbrochen würde, hat sich durch die mehrjährigen Erfahrungen keineswegs bestätigt, die Vorsicht, Oellampen bereit zu halten, die sogleich angezündet werden können, sobald das elektrische Licht erlischt, hat sich daher auch als entbehrlich erwiesen. Die Kohlenstifte stellen sich selbst in die passende Entfernung von einander, und damit das Licht immer an der richtigen Stelle sich entwickelt, hat man in

Digitized by Google

England noch eine Vorrichtung angebracht, wodurch sowohl das Feuer selbst, wie die Enden der Stifte auf einer Wand sich abbilden, der Wärter also mit einem Blick sehn kann, ob eine Aenderung nöthig ist.

Ein andrer Vorzug besteht darin, dafs eben wegen der geringen Ausdehnung der Flamme schon ein dioptrischer Apparat fünfter Ordnung genügt, wo bei Lampenlicht ein solcher erster Ordnung gewählt werden müfste. Letzterer würde auch eine gröfsere Laterne, also einen gröfsern Durchmesser des Thurms fordern. Bei Einführung des elektrischen Lichts werden sonach die Kosten für Anschaffung des Linsen- und Prismenapparats nach den Pariser Preisen etwa von 60 000 auf 6000 Franks, also auf den zehnten Theil herabsinken.

Dagegen ist freilich die Beschaffung des elektro-magnetischen Apparats, verbunden mit der Dampfmaschine, sowie auch die Bedienung beider nebst dem Ankauf des Feuerungsmaterials von grofser Bedeutung. Dabei möchte in vielen Fällen auch noch die Beschaffung des nöthigen reinen Wassers zur Speisung der Dampfmaschinen nicht leicht sein. Doch liefse diese Schwierigkeit sich durch die Wahl einer calorischen Maschine beseitigen.

Die gröfsern Kosten der Unterhaltung sind es indessen nicht, welche die Einführung des ektrischen Lichts auf den Leuchtthürmen verhindert haben, vielmehr hat dieses den davon gehegten Erwartungen nicht immer entsprochen und man ist sogar zweifelhaft geworden, ob es zu diesem Zweck überhaupt brauchbar sei. Schon bald, nachdem es auf dem einen Thurm von Cap la Hêve eingerichtet war, während auf dem andern noch die Oellampen vor metallnen Reflectoren brannten, wurde bemerkt, dafs bei trüber Luft in weiter Entfernung das alte Licht heller erscheint und weiter gesehn werden kann, als das neue. Die in Edinburg hierüber angestellten Beobachtungen sollen dasselbe Resultat gegeben haben, und Thomas Stevenson ist der Ansicht, dafs elektrisches Licht beim Durchgang durch die atmosphärische Luft stärker geschwächt wird, als Lampenlicht.

Wenn auch zugegeben werden mufs, dafs vorstehende Erfahrungen kaum als ganz sicher angesehn werden dürfen, so wird dagegen ein andrer sehr wichtiger Uebelstand allgemein bestätigt, und ist auch an sich erklärlich. Derselbe bezieht sich darauf,

Digitized by Google

dafs das elektrische Licht niemals die Gleichmäfsigkeit und Unveränderlichkeit eines gehörig eingerichteten Lampenlichts hat. Es erscheint bald heller, bald schwächer und in einiger Entfernung verschwindet es oft auf einige Secunden vollständig. Die Ursache hiervon ist ohne Zweifel darin zu suchen, dafs die Kohlenstifte nicht gleichmäfsig abbrennen, vielmehr die leuchtenden Funken bald an dieser, bald an jener Stelle überschlagen. Wenn diese Schwankungen an sich auch nicht bedeutend sind, so haben sie dennoch wesentlichen Einfluſs auf die Richtung der aus den Prismen austretenden Strahlen, und zwar um so mehr, je kleiner der Prismenapparat ist. Dieser Uebelstand liefse sich sonach wohl vermindern, wenn man das elektrische Licht mit demselben grofsen Apparat umgeben wollte, den die Lampe fordert, aber in diesem Fall würde wieder ein wesentlicher Vorzug desselben aufgegeben, und die nothwendige Verbreitung der Strahlen würde aufhören.

Es mag noch erwähnt werden, dafs Faraday, als er von England aus über die Einführung des elektrischen Lichts auf Leuchtthürmen befragt wurde, es für bedenklich erklärte, die dazu erforderlichen complicirten Maschinen an weit abgelegnen und oft schwer zugänglichen Punkten aufzustellen.

Früher erwartete man auch, dafs dasjenige Licht, welches nach seinem Entdecker das Drummondsche genannt wird, auf Leuchtthürmen benutzt werden könnte. Dasselbe zeichnet sich gleichfalls durch grofse Intensität aus, und man stellt es dar, indem Strahlen von Wasserstoff- und Sauerstoffgas im gehörigen Verhältnifs auf einen Kalkstift geleitet und hier entzündet werden. Es scheint, dafs man in England damit auch einzelne Versuche auf Leuchtthürmen gemacht hat, doch dürfte die dauernde Unterhaltung desselben noch gröfsere Schwierigkeit, als die des elektrischen Lichts bieten. Man ist hiervon ganz zurückgekommen.

§ 93.

Katoptrische Apparate.

Jedes Licht verbreitet sich nach allen Richtungen und in demselben Maafse, wie es sich verbreitet, wird es schwächer.

Digitized by Google

Ein leuchtender Punkt, der frei schwebt, wirft die Lichtstrahlen gleichmäfsig rings umher und in allen verschiednen Neigungen aus. Die Strahlen, die von ihm ausgehend in der Entfernung von einer Meile das Auge des Beobachters treffen, sind daher nur ein verschwindend kleiner Theil der ganzen von jenem Punkt ausgehnden Lichtmasse. Dieses kleine Bündel vermindert sich aber noch auf den vierten Theil, sobald die Entfernung doppelt so grofs wird. Hieraus erklärt es sich, dafs selbst ein starkes Licht, das sich nach allen Seiten hin verbreitet, in einer gewissen Entfernung nicht mehr zu erkennen ist. Wenn die Strahlen aber zum Theil auf Körper fallen, die nicht reflektiren, so werden sie von diesem absorbirt, und es verstärkt sich dadurch keineswegs die Intensität derjenigen Strahlen, die sich weiter verbreiten.

Es ergiebt sich hieraus, wie gering das Lichtquantum ist, welches dem Schiffer zugeführt wird, wenn die Flamme ihre Strahlen in allen Richtungen, sowohl horizontalen, wie auf- und abwärts geneigten verbreiten kann. Eine wesentliche Verstärkung des Lichts in weiter Ferne tritt aber ein, wenn seine Strahlen oder auch nur ein grofser Theil derselben durch Reflexion oder durch Refraction an diejenigen Stellen geworfen wird, wo das Licht gesehn werden soll. Der Schiffer befindet sich stets in geringer Höhe über dem Meeresspiegel, im Allgemeinen ist es also Aufgabe, den auf- und abwärts geneigten Strahlen eine horizontale Richtung zu geben. Bei hohen Thürmen, deren Feuer sich weit über den Meeresspiegel erhebt, pflegt man auch die Strahlen etwas zu senken und zwar so, dafs die Ebene in der Mitte der erleuchteten Zone, in welcher die gröfste Lichtmasse sich concentrirt, den scheinbaren Horizont, oder den äufsern von hier aus sichtbaren Rand des Meeres trifft.

Vielfach sammelt man das Licht nicht in einer solchen ununterbrochenen Zone, sondern in besondern Strahlenbündeln oder Lichtgarben, die, wenn das Feuer gleichmäfsig erscheinen soll, rings umher in möglichst geringen Abständen vertheilt sind. In dicker Luft sieht man, wenn man unter dem Thurm steht, jedes Bündel getrennt aus der Laterne treten und bemerkt, wie dasselbe sich verbreitet und bald mit dem nächsten sich vereinigt.

Andrerseits benutzt man ein solches Strahlenbündel auch,

Digitized by Google

um ein enges Fahrwasser zu bezeichnen, und der Schiffer weifs, dafs er sich innerhalb desselben befindet, so lange er das Licht sieht. Ferner giebt man den Bündeln, die weiter von einander entfernt sind, zuweilen rotirende Bewegung, oder bildet Drehfeuer, die in bestimmten Perioden erscheinen und ganz oder theilweise verschwinden, also in auffallender Weise sich von andern benachbarten Feuern unterscheiden.

Endlich wäre noch zu erwähnen, dafs man ein solches Bündel auch gegen den auf einem Felsen erbauten Thurm gerichtet, und hier einen reflectirenden Apparat angebracht hat, der diesen Thurm als einen selbstständigen Leuchtthurm erscheinen läfst, obwohl darauf kein Feuer brennt. Es wird hiervon später die Rede sein.

Es ist auffallend, dafs der Gebrauch der Spiegel auf Leuchtthürmen erst so spät Anwendung gefunden hat. In England geschah dieses zum erstenmal 1763 an der Mündung der Mersey, wo man in eine aus Holz gebildete parabolische hohle Fläche kleine gläserne Planspiegel einsetzte. 1780 versah Borda die Lampen auf dem Thurm zu Corduan mit metallenen parabolischen Spiegeln.

Wenn in dem Brennpunkt *A* einer Parabel (Fig. 250) ein leuchtender Punkt sich befindet, so werden diejenigen Strahlen, welche die reflectirende Fläche der Curve treffen, parallel zur Achse zurückgeworfen, und bilden ein Bündel, das eben so breit ist, wie der parabolische Spiegel, und das diese Breite auch in jeder Entfernung beibehält. Diejenigen Strahlen, welche den Spiegel nicht treffen, verbreiten und schwächen sich daher noch mehr.

In dieser Andeutung sind nur die Strahlen betrachtet, welche in der Ebene der Figur liegen. Das Gesagte läfst sich aber auch auf räumliche Verhältnisse übertragen. Die Achse der Parabel, oder die Linie *CB*, sei horizontal gerichtet. Denkt man, dafs die Parabel sich um diese dreht, so entsteht ein Paraboloïd, und wenn dieses auf der innern Seite eine spiegelnde Oberfläche hat, so wird die Reflexion in allen Richtungen um die Achse in derselben Weise erfolgen, wie in der Ebene der Figur, und die reflectirten Strahlen werden nicht divergiren, vielmehr einen Lichtcylinder bilden, dessen Durchmesser dem des Spiegels gleich ist.

Wenn man dagegen die Parabel um ihren Parameter oder

Digitized by Google

die Linie *DE* dreht, mit Ausschlufs desjenigen Theils derselben, der zwischen dem Anfangspunkt der Parabel und dem Parameter liegt, so bilden sich zwei paraboloïdische, kegelförmige Flächen, die mit ihren Spitzen gegen einander gekehrt sind. Wenn diese Flächen Spiegelflächen sind, so werden alle Strahlen, die wieder vom Brennpunkte *A* aus darauf treffen, in einer Lichtzone gesammelt, die durch zwei Ebenen begrenzt wird, deren Abstand sich auch in weitester Entfernung nicht vergröfsert. Hat dieser Parameter eine lothrechte Stellung, so werfen die beiden spiegelnden Flächen alle Strahlen, die sie auffangen, gleichmäfsig rings umher in den Horizont.

Diese letzten Spiegel bilden ein Siderallicht. Man hat solche zuweilen angewendet. So war dieses früher der Fall auf der Greifswalder Oie, auch besteht noch ein Feuer dieser Art in Warnemünde, das jedoch schon seit geraumer Zeit durch ein andres ersetzt werden sollte. Die Spitzen der beiden Kegel sind durchbohrt. Durch die untre wird die Lampe hineingeführt, und durch die obere reicht der Glascylinder hindurch. Die Intensität des von diesen Spiegeln reflectirten Lichts ist nicht bedeutend, weil ein grofser Theil der von der Lampe ausgehnden Strahhlen gar nicht aufgefangen und die übrigen rings umher vertheilt werden. Die zusammengehörigen Spiegel in Warnemünde halten 14,4 Zoll im Durchmesser und die äufsern Ränder, oder die Basen der beiden Kegel sind 13,9 Zoll von einander entfernt. Hieraus ergiebt sich, dafs wenn die ganze Lichtmasse 1 gesetzt wird, die Spiegel nur 0,57 auffangen.

Ist dagegen der Spiegel durch Drehung der Parabel um die Achse *CB* gebildet, so fängt er, indem die Wirkung der Rückwand hinzukommt, eine weit gröfsere Lichtmasse auf. Auf dem Pillauer Leuchtthurm messen die Spiegel 20,3 Zoll im Durchmesser und ihre Tiefe beträgt 8,6 Zoll. Der Brennpunkt ist daher sehr nahe 3 Zoll vom Scheitel entfernt, und aus der Vergleichung mit der Kugelfläche ergiebt sich, dafs dieser Spiegel 0,74 der ganzen Lichtmasse auffängt und dieselbe in einem geschlofsnen Bündel reflectirt. Wenn daher auch hier einige Divergenz der Strahlen stattfindet, so bleibt die Intensität derselben in weiteren Entfernungen doch viel gröfser, als im ersten Fall.

Die Divergenz der Strahlen oder die Verbreitung

Digitized by Google

derselben ist nothwendig, weil das Licht sonst nur auf einem zu kleinen Raum sichtbar sein würde. Sollten die Strahlen, welche die Sideralspiegel reflectiren, wirklich nur horizontal sich verbreiten und die erleuchtete Zone sonach nur 14 Zoll hoch sein, so könnte der Schiffer das Licht nur wahrnehmen, wenn sein Auge sich genau in dieser schmalen Zone befände. Da aber in verschiednen Entfernungen vom Thurm das Schiff keineswegs in einer Ebene bleibt, so würde die durch zwei so nahe Ebenen begrenzte Lichtzone auch nur an gewissen Stellen das Schiff treffen, und in andern Abständen oder Höhen das Licht gar nicht gesehn werden können.

Noch mehr würde das cylindrische Strahlenbündel wegen seiner geringen Ausdehnung sich dem Auge entziehn und zur Erleuchtung eines gröfsern Theils des Horizonts unbrauchbar sein. Wenn man aber ein Drehfeuer damit darstellen wollte, welches in 3 Minuten eine Revolution macht, so würde der 2 Fufs starke Strahlencylinder in dem Abstand von einer Deutschen Meile nur während der sehr kurzen Zeit von noch nicht dem vierhundertsten Theil einer Secunde sichtbar sein.

Die nöthige Divergenz des Strahlenbündels stellt sich im paraboloïdischen Spiegel schon von selbst dar, indem die Flamme nicht einen Punkt bildet, vielmehr eine bedeutende Breite und Höhe hat. Der Strahl, der in der Richtung der Tangente von der ringförmigen Flamme ausgeht und an irgend einem Punkte den Spiegel trifft, bildet mit dem von der Mitte der Flamme an denselben Punkt gezogenen Strahl einen gewissen Winkel φ, der zugleich die Abweichung des ersten reflectirten Strahls von der parallelen Richtung oder von der Richtung der Achse des Spiegels bezeichnet. Wenn r der Radius des Flammenrings und a der Abstand des getroffnen Punkts im Spiegel von der Achse der Flamme ist, so bestimmt sich der Winkel der Divergenz dadurch, dafs

$$\sin \varphi = \frac{r}{a}.$$

Die Divergenz wird also um so gröfser, je kleiner der Abstand vom Spiegel ist, und der kürzeste Strahl ist derjenige, der den Scheitelpunkt der Parabel trifft. Dieser wird daher von der Richtung der Achse am meisten divergiren. Hält der Flammenring 1 Zoll im Durchmesser, und ist die Achse der Flamme

Digitized by Google

3 Zoll vom Scheitel des Spiegels entfernt, so wird die stärkste Divergenz der reflectirten Strahlen etwas über $9^1/_2$ Grade betragen. Dieselbe findet in der horizontalen Richtung statt, in der verticalen ist sie aber noch bedeutender, weil die Höhe der Flamme gröfser, als die Breite ist.

Die nöthige Verbreitung des Strahlenbündels, oder die Umwandlung desselben aus einem Cylinder in einen Kegel stellt sich demnach auch bei parabolischen Spiegeln dar, doch erfolgt sie keineswegs ganz regelmäfsig. Concentrirt sich die Flamme in einem Punkt, wie annähernd beim elektrischen Licht geschieht, so mufs man unbedingt von der Parabel zur Hyperbel übergehn und man kann die Achsen der letztern leicht so bestimmen, dafs die reflectirten Strahlen jede verlangte Divergenz und zwar ganz regelmäfsig annehmen. Es scheint, dafs für gröfsere Flammen der hyperbolische Spiegel die reflectirten Strahlen gleichmäfsiger vertheilt.

Durch die erwähnte Divergenz der Strahlen wird nicht nur über und unter der Horizontalebene, welche durch die Achse der erzeugenden Parabel gelegt ist, das Licht sichtbar, sondern man kann mittelst einer gröfsern Anzahl der paraboloïdischen Spiegel einen beliebig grofsen Theil des Horizonts, oder auch denselben in seiner ganzen Ausdehnung erleuchten. Wenn die Richtungen der Achsen der Spiegel etwa um 15 Grade von einander abweichen, so fallen die kegelförmigen Strahlenbündel schon zusammen, und in welcher Richtung der Schiffer sich auch dem Thurm nähern mag, so empfängt er die von einem oder von zwei Spiegeln ihm zugeworfnen Strahlen. In dem beschränkten Raum der Laterne kann man indessen nicht so viele Spiegel neben einander stellen, als erforderlich sind, wenn ihre Richtungen 15 Grade von einander abweichen sollen. Um den halben Horizont zu erleuchten, würde man 12 Intervalle, also 13 Lampen gebrauchen, und wenn diese von Mitte zu Mitte auch nur 2 Fufs entfernt wären, so würden sie einen Halbkreis von $15^1/_4$ Fufs Durchmesser einnehmen. Die Laterne müfste indessen noch bedeutend gröfser sein, damit der Wärter rings umher gehn und nicht nur jede Lampe beobachten, sondern auch die Spiegel gehörig putzen könnte. Diese Vergröfserung des Kreises läfst sich dadurch vermeiden, dafs man die Lampen in zwei, oder auch in

Digitized by Google

drei Reihen unter einander aufstellt und sie gleichmäfsig versetzt. Stellt man, wie oft geschieht, in die obere Reihe 6 und in die untre 7 Lampen mit ihren Reflectoren, so werden 13 Lichtbüschel erzeugt, und je zwei derselben, nämlich eine der obern und eine der untern Reihe weichen in ihren Achsen wieder 15 Grad ab, sie lassen sich alsdann bequem in einem Halbkreis von 8 Fufs Durchmesser aufstellen.

Man pflegt diese Lampen an eiserne kreisförmige Rüstungen zu hängen. Vor Allem kommt es darauf an, dafs die Spiegel gehörig eingestellt sind und nicht etwa durch Unachtsamkeit des Wärters eine falsche Stellung erhalten. Sie müssen daher vollständig und sehr solide befestigt werden, auch darf der Wächter sie beim Putzen nicht ausheben, sondern die Reinigung erfolgt, während sie unwandelbar befestigt bleiben. Die Lampe, das heifst der Brenner mit der Zuleitungsröhre, tritt durch eine Oeffnung von unten in den Spiegel und über dieser befindet sich eine zweite Oeffnung, durch welche der Glascylinder über den Spiegel hinausreicht. Der Oelbehälter mit der bekannten Vorrichtung zur Erhaltung eines constanten Niveaus steht hinter dem Spiegel und von ihm geht die Zuleitungsröhre aus. Es kommt natürlich sehr darauf an, dafs die Lampe nach der jedesmaligen Reinigung und Füllung so eingestellt wird, dafs die Achse der Flamme und zwar an der Stelle, wo sie das stärkste Licht entwickelt, sich genau im Brennpunkt des Paraboloïds befindet. Gewöhnlich sind die Lampen mit Haken versehn, an welchen sie bequem ausgehoben und später wieder in der Art aufgehängt werden, dafs sie nicht nur die richtige Höhenlage annehmen, sondern auch seitwärts nicht schwanken können.

In den Schottischen Leuchtthürmen hat man diese Stellung durch eine feste Führung gesichert. Die Lampe wird durch zwei cylindrische Stangen gehalten, an denen sie auf- und abgeschoben, und von denen sie nur in der tiefsten Stellung entfernt werden kann. Sobald sie aber in dieser Führung bis zum höchsten Punkte hinaufgeschoben wird, so steht die Flamme in der passenden Höhe.

Die von der Englischen Regierung niedergesetzte Commission, welche die Apparate und deren Bedienung auf den dortigen Leuchtthürmen prüfen sollte, benutzte ein sehr einfaches Mittel, um sich

Digitized by Google

von der richtigen Einstellung der Spiegel und der Lampen zu überzeugen, und dasselbe diente in gleicher Weise auch zur Controlirung der dioptrischen Apparate. Der parabolische Spiegel sammelt nämlich die sämmtlichen parallel zur Achse ihm zugehnden Strahlen in seinem Brennpunkt und stellt hier das Bild der Gegenstände dar, von denen diese Strahlen ausgehn. Ein solches Bild wurde auf geöltem Papier aufgefangen, auf dessen hinterer Seite es noch erkenntlich war, indem man wahrscheinlich das fremde Licht vom Auge abhielt, also das Bild vielleicht durch eine Röhre betrachtete. Dieses Bild mufste durch den Horizont der See geschnitten werden, wenn der Spiegel die richtige Stellung hatte. Es mufste aber aufserdem in der Achse des Brenners und so hoch über diesem liegen, als der Punkt der gröfsten Intensität der Flamme sich über dem Brenner befand. Es wurden vielfache und zum Theil sehr grofse Unrichtigkeiten bemerkt, und zwar eben sowohl in der Aufstellung der Spiegel wie der Lampen.

Die paraboloïdischen Reflectoren benutzt man häufig zu Drehfeuern. Der Rahmen, an welchen die Lampen und Spiegel befestigt sind, mufs alsdann mit einer verticalen Achse verbunden sein, die durch ein kräftiges Uhrwerk gleichmäfsig gedreht wird. Man vereinigt dabei die Lampen in gewisse Gruppen, und in solchen sind alle Spiegel so gestellt, dafs jede Gruppe nur ein verstärktes Strahlenbündel bildet. Die Anzahl der in solcher Weise mit einander verbundnen Lampen beträgt zuweilen nur drei. Auf Bell-Rock sind es sieben und auf Beachy-Head sogar zehn. Es darf nicht befremden, dafs die Lichtmasse, welche hierdurch concentrirt wird, besonders weit sichtbar ist, und daher sehr allgemein von den Seeleuten als die vorzüglichste Art der Beleuchtung angesehn wird. Sowohl aus jenen durch die Commission veranlafsten Aussagen, wie auch aus manchen sonst eingezognen Nachrichten ergiebt sich, dafs ein recht kräftiges, plötzlich aus der Dunkelheit vortretendes Licht leichter erkannt wird, als ein schwächeres, das dauernd sichtbar bleibt.

Aus vorstehnden Mittheilungen über die parabolischen Spiegel ergiebt sich, dafs dieselben sowohl zur Darstellung fester Feuer dienen, welche den ganzen oder jeden beliebigen Theil des Horizonts umfassen, als auch abwechselnd Lichtblicke, und zwar in

Digitized by Google

beliebigen Perioden, damit gegeben werden können. Man kann diese, wenn es für passend erachtet wird, auch verlängern, indem man die zu einer Gruppe verbundnen Spiegel etwas gegen einander verstellt, also dem Lichtbündel eine gröfsere Breite giebt. Ferner kann man durch Benutzung von Cylindern aus gefärbtem Glas etwa rothes und weifses Licht wechseln lassen. Endlich aber bieten sie auch ein sehr bequemes Mittel, um einzelne Gegenstände bemerklich zu machen. Wenn vielleicht eine Klippe vor dem Hafen liegt, auf der die Unterhaltung eines besondern Feuers zu kostbar oder nicht ausführbar wäre, so kann man eine Baake darauf stellen, und gegen diese einen Spiegel so richten, dafs sie auch in dunkler Nacht sichtbar bleibt.

Einen bedeutenden Nachtheil haben freilich die Spiegel vergleichungsweise mit den dioptrischen Apparaten, sie absorbiren nämlich einen grofsen Theil des Lichts. Selbst bei den besten Metallspiegeln verliert der reflectirte Strahl ungefähr den dritten Theil seiner Intensität, bei den üblichen, aus Kupfer getriebnen und versilberten Spiegeln beträgt der Verlust nicht weniger als 44 Procent, und derselbe steigert sich noch mehr, wenn sie nicht sorgfältig gereinigt, oder wenn sie durch langen Gebrauch bereits abgenutzt sind.

§ 94.

Dioptrische Apparate.

Wenn parallele Lichtstrahlen eine convexe Glaslinse treffen, deren Achse zu diesen Strahlen parallel gerichtet ist, so sind sie beim Austritt aus der Linse gegen die Achse gerichtet und treffen sogar in einem Punkt zusammen, wenn die Linse die angemefsne Form hat. Dieses zeigt jedes Brennglas. Wenn dagegen in diesem Punkt ein Licht sich befindet, so nehmen die von demselben ausgehnden Strahlen, nachdem sie durch die Linse gedrungen sind, die parallele Richtung an und bilden ebenso, wie parabolische Hohlspiegel, ein Strahlenbündel, das die sämmtlichen Strahlen umfafst, welche die Linse treffen.

In dieser Weise kann man also mittelst Glaslinsen einzelne Theile des Horizonts beleuchten, und indem wegen der Aus-

Digitized by Google

dehnung der Flamme die Strahlenbündel divergiren und in einander treten, so läfst sich durch eine gröfsere Anzahl von neben einander stehenden Linsen auch der ganze Horizont umfassen, und zwar um so vollständiger, je mehr die auf- oder abwärts gerichteten Strahlen aufgefangen und in den Horizont geworfen werden.

Abgesehn von diesen einzelnen Lichtbündeln kann durch passend geformte Glaskörper das Licht auch ganz gleichmäfsig über den Horizont verbreitet werden, ähnlich wie bei den vorerwähnten Siderallichten geschieht. Man denke nämlich, dafs der gröfste verticale Querschnitt jener aufrecht stehnden Linse sich um eine Linie dreht, die lothrecht durch den Brennpunkt gezogen ist, wo auch das Licht sich befindet, so bildet sich ein ringförmiger Körper, der die erwähnte Bedingung erfüllt, indem er alle Strahlen, die ihn treffen, in den Horizont wirft und zwar rings umher ganz gleichmäfsig.

Es ergiebt sich hieraus, dafs durch gläserne Linsen oder Ringe oder auch durch grade Prismen dieselben Effecte, wie durch Spiegel, sich erreichen lassen. Jene haben aber den wesentlichen Vorzug vor diesen, dafs sie der Oxydation nicht unterworfen sind, also bei dauernder Benutzung nur durch Abwischen mit weichen Lappen gereinigt werden dürfen, während die Metallspiegel immer auf's Neue polirt werden müssen. Eine Formveränderung ist aber beim Glas gar nicht zu besorgen. Endlich kommt noch der wesentliche Vorzug hinzu, dafs der Strahl beim Durchgang durch reines mäfsig starkes Glas nur etwa um 8 Procent geschwächt wird, und er selbst beim Reflectiren gegen die hintre Fläche eines Prismas nur etwa den vierten Theil seiner Intensität verliert, während die Verluste bei Anwendung von Metallspiegeln, wie erwähnt, viel gröfser sind.

Der Grund, weshalb man sich erst so spät zur Einführung der Glas-Apparate auf Leuchtthürmen entschloss, lag darin, dafs die Darstellung der Linsen von grossem Durchmesser, die auch bedeutende Stärke haben, und aus reinem Glase bestehn mufsten, zu kostbar und zu schwierig erschien, auch besorgte man mit Recht, dafs der Strahl beim Durchgang durch 6 bis 9 Zoll starkes Glas zu sehr geschwächt werden möchte.

Diese Bedenken erledigten sich, als Augustin Fresnel 1819

Digitized by Google

den schon von Buffon gemachten Vorschlag ausführte, und durch eine Anzahl concentrischer Schnitte die Linse in einzelne Theile zerlegte, von denen jeder nur solche Stärke erhielt, dass der äufsere Rand sich gehörig fassen liefs. Fig. 251 zeigt zwischen *G* und *F* die in dieser Art zerlegte Linse im Durchschnitt, während sie, wenn sie nicht zerschnitten wäre, nach der punktirten Linie *G C F* geformt sein würde. Auch darf man nicht unbeachtet lassen, dafs das Schleifen grofser Linsen oder ringförmiger Prismen in früherer Zeit bei der weniger ausgebildeten Technik kaum möglich gewesen wäre.

Kommt es darauf an, den ganzen Horizont, oder einen grofsen Theil desselben zu erleuchten, so kann dieses, wie bereits erwähnt, sowohl durch mehrere solcher Linsen, als auch dadurch geschehn, dafs man den in der Fig. dargestellten Durchschnitt *G F* um die verticale Achse *D A E* dreht, wobei *A* den Brennpunkt bezeichnet. Der Glaskörper nimmt alsdann eine cylindrische Form an, und die Strahlen in jeder hindurchgelegten senkrechten Ebene werden, soweit sie die Prismen treffen, durch diese in den Horizont geworfen, ohne aus dieser Ebene zu treten. Die Beleuchtung ist also in allen Richtungen dieselbe.

Man bemerkt aber, dafs diese Prismen-Ringe zwischen *F* und *G*, die zu jener Linse gehören, keineswegs alle aus dem Brennpunkt ausgehnden Strahlen auffangen, vielmehr ein grofser Theil derselben soweit darüber, als auch darunter unbenutzt austritt. Um diese zu verwerthen, fing man sie zunächst durch passend geformte Metallspiegel auf und warf sie in den Horizont. Im Jahr 1842 führte Léon Fresnel statt dieser Spiegel gleichfalls Glasprismen ein, welche die Strahlen aber nicht brechen, sondern in ihrer hintern Fläche reflectiren, also in gleicher Weise, jedoch mit geringerm Verlust an Intensität, wie Spiegel wirken. Die Figur zeigt die Querschnitte dieser gleichfalls ringförmigen Prismen zwischen *F* und *H*, und *G* und *I*, über und unter denjenigen Prismen, welche die Strahlen brechen. Wenn die nach oben gerichteten Strahlen viel vollständiger aufgefangen werden, als die nach unten gekehrten, so rührt dieses davon her, dafs die Lampe, die sich nahe unter *A* befindet, schon von diesen getroffen wird. Es mag noch bemerkt werden, dafs diese Figur, der auch ein Maafsstab beigefügt ist, einen Apparat zweiter Ord-

Digitized by Google

nung darstellt, zu dem eine Lampe mit vier concentrischen Dochten gehört. Setzt man voraus, dafs aus der Mitte der Flamme, wie aus dem Mittelpunkt einer Kugel rings umher und in allen Neigungen gegen den Horizont Lichtstrahlen ausgehn, so werden durch diesen Apparat 87 Procent derselben aufgefangen und in den Horizont geworfen, während nur 13 Procent derselben unbenutzt bleiben.

In Betreff der Brechung der Strahlen beim Eintritt aus der Luft in das Glas, oder umgekehrt, mag noch daran erinnert werden, dafs ein Lichtstrahl, der aus einem durchsichtigen Körper in einen andern durchsichtigen übertritt, wie etwa aus Luft in Glas, zwar in der Ebene bleibt, die durch ihn normal auf die Uebergangs-Fläche gezogen ist, dafs er aber seine Richtung gegen die letztere verändert. Dieses geschieht in der Art, dafs die Sinus der Ein- und Austritts-Winkel gegen die Uebergangs-Fläche in einem bestimmten Verhältnifs stehn, das von der Beschaffenheit der beiden durchsichtigen Körper abhängt. Ganz allgemein ist dieser Sinus im dichten Körper kleiner, als in dem minder dichten. Beim Uebergang aus Luft in Glas tritt daher der Strahl in letzteres flacher ein, als er auf die Grenzfläche traf, beim Rücktritt in die Luft geschieht dieses aber unter einem gröfsern Winkel. Besteht die durchdrungene Glasmasse aus einer plan-parallelen Scheibe, so stellt sich beim Verlassen derselben die frühere Richtung des Strahls wieder dar, oder er ist parallel zum eintretenden gerichtet, doch erfolgt der Austritt nach Maafsgabe des Brechungs-Verhältnisses und der Dicke der Scheibe in einem Punkt, der mehr oder weniger von demjenigen entfernt ist, wohin er treffen würde, wenn er nicht der Glasscheibe begegnet wäre.

Hat nun der Glaskörper solche Form, dafs der eingetretene Strahl unter so grofsem Winkel die hintere Fläche trifft, dafs der Sinus des Winkels, unter dem er wieder in die Luft tritt, gröfser als 1 sein würde, so bleibt der Strahl im Glase und wird zurückgeworfen oder er reflectirt. Er wird aber, wenn er auf diesem Weg an die andre Grenzfläche des Glases gelangt, nach dem obigen Gesetz aufs Neue gebrochen.

In dieser Weise lassen sich durch Glasprismen Spiegel darstellen, und zwar haben diese vor den Metallspiegeln den

Digitized by Google

grofsen Vorzug, dafs sie weniger Licht absorbiren. Nach den obigen Mittheilungen darf man annehmen, dafs Glasprismen den vierten bis dritten Theil des aufgefangnen Lichts mehr wiedergeben, als Metallspiegel. Um dieses günstige Resultat zu erreichen, ist es aber nothwendig, dafs die Oberflächen der Prismen ganz rein sind. Sobald Feuchtigkeit sich darauf befindet, tritt eine abweichende Strahlenbrechung ein. Die Strahlen dringen in die dünne und unregelmäfsig geformte oder vielfach unterbrochne Wasserschicht, und wenn sie hinter dieser auch wieder zurückgeworfen werden, so geschieht solches ganz unregelmäfsig, wobei das Licht sich zerstreut.

Als diese bekannten Gesetze der Optik auf die Erleuchtung der Küstenfeuer zuerst in Anwendung gebracht wurden, worauf sowohl Frankreich, als England Anspruch machen, boten sich vielfache Mittel, um nicht nur die verschiednen Thürme zu unterscheiden, sondern auch das Feuer derselben nach Bedürfnifs auf beliebige Stellen zu werfen, und dadurch entweder die Lage von Klippen kenntlich zu machen, oder ein Fahrwasser so zu bezeichnen, dafs der Schiffer durch das Verschwinden des Lichts gewarnt wird, sobald er die Grenzen desselben überschreitet*).

Es mögen zunächst die Durchmesser und Höhen der verschiednen Ordnungen dieser Glas-Apparate mitgetheilt werden:

	innerer Durchmesser des mittlern Theils	ganze Höhe
I. Ordnung	5 Fufs 10 Zoll	8 Fufs 3 Zoll
II. „	4 „ 5½ „	6 „ 7 „
III. „	3 „ 2 „	5 „ 0 „
IV. „	1 „ 7 „	2 „ 3½ „
V. „	1 „ 2½ „	1 „ 8½ „

*) Sehr ausführlich behandelt Thomas Stevenson diese verschiedenen Zusammenstellungen der Apparate in dem Werke: Lighthouse Illumination. II Edition. Edinburgh 1871. Der Uebersetzung desselben vom Wasserbau-Director Chr. Nehls: Illumination der Leuchtthürme, Hannover 1878, ist in einem Anhange noch die Entwicklung der Formeln beigefügt, wonach sowohl die nöthigen Höhen der Thürme, wie auch die gekrümmten Flächen der Linsen und Prismen zu berechnen sind.

Digitized by Google

In neuerer Zeit ist auch vielfach noch von VI. Ordnung die Rede, doch werden die Dimensionen derselben nach dem jedesmaligen Bedürfnifs so verschiedenartig gewählt, dafs deren Werthe sich nicht bestimmt bezeichnen lassen.

Mögen die Linsen und Prismen durch Drehung ihrer Querschnitte um verticale oder horizontale Achsen gebildet, oder auch gerade sein, so werden die einzelnen Glasstücke schon in der Fabrik zu gröfsern Tafeln verbunden und in Rahmen von Messing eingefafst. Die Stücke, aus denen der mittlere Theil oder die eigentliche Linse besteht, und die sich unmittelbar berühren, werden aber zusammengekittet. Die erwähnten Rahmen, wie auch die Sprossen, welche im Innern eines Feldes die Prismen umfassen, würden bei gleichmäfsiger Verbreitung des Lichts, also wenn das Licht nur von einem Punkt ausginge, dunkle Streifen bilden. Bei der grofsen Flamme werden sie jedoch von den benachbarten Strahlen so überdeckt, dafs man sie schon in geringer Entfernung nicht mehr bemerken kann. Die Stärke dieser Stäbe wird aber immer auf das geringste Maafs beschränkt.

Diese dioptrischen Apparate werden häufig benutzt, um Blickfeuer, oder solche Feuer darzustellen, die abwechselnd erscheinen und verschwinden, oder auch wohl in kurzen Perioden sich verstärken und abschwächen. Fresnel löste diese Aufgabe Anfangs dadurch, dafs er mittelst der horizontalen Prismen-Ringe die Strahlen in den Horizont warf, aufserhalb dieses Apparats aber eine Anzahl Tafeln mit einander verband, in welchen lothrecht stehnde Prismen die horizontalen Strahlen in Bündel vereinigten. Ein Uhrwerk drehte diese Tafeln um den ersten festen Apparat im Kreis herum. Die Strahlenbündel erleuchteten also bei ihrer Bewegung vorübergehend den ganzen Horizont, und von der Anzahl der Tafeln, wie von der Geschwindigkeit, womit sie sich bewegten, war die Zeit abhängig, in der die Lichtblicke einander folgten. Durch diese senkrecht stehnden Prismen liefsen sich sehr bequem breitere und schmälere Lichtbündel darstellen, auch konnte man solche beliebig an den Seiten scharf begrenzen oder sanfte Uebergänge darstellen, so dafs der Blick entweder plötzlich auftrat oder allmälig sich ausbildete und eben so wieder verschwand.

Kam es nur darauf an, scharf begrenzte Blicke erscheinen

Digitized by Google

zu lassen, so waren jene Tafeln mit senkrechten Prismen entbehrlich, da man die Tafeln des innern Glaskörpers schon so schleifen konnte, dafs sie nicht nur in verticaler, sondern auch in horizontaler Richtung die Strahlen vereinigten. Dadurch vereinfachte sich nicht nur der ganze Apparat, der nunmehr in drehende Bewegung versetzt werden mufste, sondern das Licht behielt auch eine gröfsere Intensität, da es nur einmal durch die Linse oder die Prismen geleitet wurde.

In beiden Fällen sind die Lichteffecte ungefähr dieselben. Jeder Punkt des Horizonts erhält ein starkes Licht, wenn das Strahlenbündel an ihm vorübergeht. Aus dem Kreisbogen zwischen zwei solchen Bündeln sind indessen die Strahlen in diesen aufgenommen, der Zwischenraum bleibt also dunkel. Die Periode, in der die Blicke einander folgen, giebt Gelegenheit, zwei benachbarte Feuer dieser Art sehr auffallend von einander zu unterscheiden.

Die Zeit der Verdunkelung darf unbedingt nicht zu lang sein, weil es sich leicht treffen könnte, dafs das Feuer gar nicht bemerkt wird, und namentlich ist dieses bei einem Schneesturm zu besorgen, wo manche Blicke verdeckt werden. Andrerseits ist der Glas-Apparat so schwer, dafs man ihn der Sicherheit wegen nicht in schnell drehende Bewegung setzen darf. Sollen daher die Blicke sich sehr schnell folgen, so bleibt nur übrig, den Apparat in eine grofse Anzahl von Tafeln zu zerlegen. Jede derselben umfafst alsdann aber nur einen kleinen Bogen, oder sammelt vergleichungsweise weniger Strahlen, und sonach ist der einzelne Blick um so schwächer, je gröfser die Anzahl von Strahlenbündeln ist, in welche man das Licht der Lampe zerlegt.

Die Frage, welches die kürzeste Periode ist, in welcher die Blicke erscheinen, und wie lange jeder einzelne mindestens sichtbar sein mufs, ist zur Zeit noch nicht entschieden. Vielfach wird gefordert, jeder Blick müsse so lange dauern, dafs er gehörig gepeilt, oder der Compas sicher darauf gerichtet werden kann. Andrerseits ist man der Ansicht, dafs bei schneller Folge kurzer Blicke die scharfe Einstellung eben so gut möglich sei. Bei dem Feuer auf North-Ronaldsha, einer der Orkney-Inseln, erscheint alle 10 Secunden ein Blick, und die Schiffer rühmen dasselbe vorzugsweise als besonders weit sichtbar, während es

Digitized by Google

sich zugleich sehr auffallend von allen übrigen in der Nähe befindlichen unterscheidet.

Wenn das Licht abwechselnd erscheint und verschwindet, darf man indessen nicht erwarten, dafs Letzteres vollständig geschieht. In mäfsigen Entfernungen, wohl bis zu einer Meile, wird man bei klarer Luft das Feuer stets an dem hellen Schein erkennen, der auch nach derjenigen Richtung dringt, wohin kein Strahlenbündel gekehrt ist. Die Ursache hiervon ist leicht erklärlich. Beim Durchgang durch die Prismen verliert das Licht an Intensität. Dieser Verlust erleuchtet die Prismen selbst, die deshalb auch wie andre Körper das aufgenommene Licht rings um sich verbreiten. Aufserdem fangen die Prismen keineswegs die ganze Lichtmasse auf. Es entweicht ein Theil derselben nach oben, wo für die Abführung des Rauchs gesorgt werden mufs, und so auch nach unten. Hierdurch wird ein Theil der Kuppel erleuchtet. Die Forderung, dafs die Verdunkelung vollständig sein soll, läfst sich daher in aller Strenge nie erfüllen.

Dagegen werden die Apparate häufig absichtlich so eingerichtet, dafs das Feuer nicht ganz verschwindet, und der Schiffer, wenn er sich in der Nähe desselben befindet, es stets im Auge behält. Nicht selten will man auch für weite Entfernungen das Licht nicht vollständig verdunkeln. Es soll vielmehr in gewisser Periode sich nur verstärken und abschwächen. Das Eine wie das Andre ist leicht dadurch zu erreichen, dafs man die reflectirenden Prismen, die sich unter dem Linsen-Apparat befinden, oder auch wohl diejenigen, die darüber liegen, an der Drehung nicht Theil nehmen läfst, sie vielmehr so anordnet, dafs sie das Licht gleichmäfsig um den ganzen Horizont verbreiten.

Es ergiebt sich, dafs durch die Drehung des Glaskörpers sehr verschiedenartige Erscheinungen dargestellt werden können, welche die Verwechselung nahe stehender Leuchtthürme verhindern. Dazu kommt auch noch, dafs man die Tafeln, welche Strahlenbündel sammeln, nicht in gleichen Abständen zu stellen braucht, man sie vielmehr, um ein verschiednes Feuer zu bilden, auch beliebig gruppiren kann. Beispielsweise zeigt man

Digitized by Google

dem Schiffer in kurzen Intervallen drei Blicke hinter einander, während alsdann längere Zeit hindurch Verdunkelung eintritt.

Als eine besondere Art von Licht bezeichnet Thomas Stevenson das von ihm erfundene Holophotal-Licht. Demselben liegt die Idee zum Grunde (wie auch der Name andeutet), die gesammte aus der Lampe ausströmende Lichtmasse aufzufangen und durch Prismen-Apparate dahin zu richten, wo sie zur Bezeichnung eines Fahrwassers oder einer Küste erforderlich ist. In vollem Maafse ist dieses aber nie zu erreichen, da die Lampe selbst einen bedeutenden Theil der Strahlen auffängt, denen man keine andre Richtung geben kann, andrerseits aber auch die Oeffnung zur Abführung der Gase und des Rauches frei bleiben mufs. Es handelt sich also nur um die Verwerthung möglichst vieler Lichtstrahlen, und diese Absicht hat man schon immer verfolgt, seitdem Spiegel oder Prismen auf Leuchtthürmen benutzt sind. Wie weit man in dieser Beziehung gehn darf, bestimmt sich natürlich dadurch, dafs man die Mehrkosten der weitern Ausdehnung der Apparate mit dem dadurch erzielten Gewinn vergleicht, also mit dem Procentsatz der noch hinzukommenden Lichtmasse. Die Ansichten hierüber sind gewifs verschieden und ändern sich auch wohl im Lauf der Zeit, insofern bei weiterer Ausbildung der Fabrikation der Gewinn gröfser und die Darstellungs-Kosten geringer werden können. Wenn aber beispielsweise die parabolischen Spiegel etwas verlängert oder an ihren Rändern noch mit einigen Prismenkreisen versehen werden, so dürfen solche Aenderungen doch nicht als neue Erfindung angesehn werden.

In den verschiednen Verwendungen des Holophotal-Lichts, die Stevenson in dem oben bezeichneten Werk beschreibt, wiederholt sich vielfach eine Anordnung, die nicht mit Stillschweigen übergangen werden darf. Um nämlich das rückwärts oder nach der Landseite ausstrahlende Licht zu verwerthen, läfst Stevenson dasselbe in sphärischen Spiegeln reflectiren, die es also in die Flamme zurückwerfen, ihm dabei aber solche Richtung geben, dafs es nunmehr von den Prismen aufgefangen und durch diese an die zu erleuchtenden Stellen geführt wird. Ob diese Erfindung in England oder in Frankreich gemacht worden, ist mir unbekannt. Vor etwa 30 Jahren fand ich sie

Digitized by Google

bereits bei dem kleinen Feuer neben der Kugel-Baake in Cuxhaven angewendet und bei dem aus Paris bezogenen dioptrischen Apparat für den Leuchtthurm in Swinemünde waren die beiden Felder des von Osten nach Süden gekehrten Quadranten, der nicht erleuchtet werden sollte, durch sphärische versilberte Spiegel aus starkem Blech geschlossen.

Nach den oben (§ 92) erwähnten Versuchen von Allard über die Durchsichtigkeit der Flamme, begründet sich wohl die Besorgniſs, daſs jene Strahlen, nachdem sie zunächst bei der Reflexion im Spiegel wesentlich geschwächt waren, beim Durchdringen der Flamme auf's Neue so sehr an Intensität verlieren, daſs sie nur wenig zur Verstärkung des Lichts beitragen können. Jede Flamme wirft Schatten, wenn sie von einem stärkern Licht getroffen wird. So die Flamme einer Oel-Lampe im Sonnenschein oder bei electrischem Licht, und die Flamme einer Spiritus-Lampe wieder vor der Oel-Lampe. Hält man eine Schrift dicht hinter die Flamme einer Kerze, so verdeckt diese die Schrift vollständig, die reflectirten Strahlen dringen also nicht durch die Flamme, wohl aber geschieht dieses, wenn die Schrift von der Sonne getroffen wird, und man sie durch die Flamme betrachtet.

Es schien mir wichtig, durch eigne Versuche mich zu überzeugen, ob und in welchem Maaſs das Licht einer Flamme geschwächt wird, wenn es durch eine gleiche Flamme hindurch geht. Der Versuch war in sofern ziemlich einfach, als ich die Lichtstärken von je zwei Flammen verglich, die auf der einen Seite neben einander, und auf der andern hinter einander standen. Die Intensität oder die Dunkelheit der Schatten, die beide Gruppen neben einer niedrigen Wand zeigten, lieſsen mit einiger Sicherheit auf die Lichtstärken schlieſsen, doch durfte nicht unbeachtet bleiben, daſs die Dunkelheit der Schatten keineswegs allein von der Lichtstärke der Flammen und deren Entfernung von der Wand abhängt, sondern in hohem Grad auch durch den Winkel bedingt wird, unter dem die Strahlen auf diejenige Ebene fallen, auf welcher der Schatten sich bildet. Je gröſser dieser Winkel ist, um so geringer wird die Breite des Schattens, und um so gröſser seine Intensität.

Es ist also nothwendig, daſs diese Winkel auf beiden Seiten

Digitized by Google

gleich grofs sind, und beim Entfernen oder beim Nähern der Lichte an die Wand stets unverändert bleiben. Die Lichte wurden also auf geneigte Bahnen gestellt, und auf diesen in die passenden Entfernungen gebracht. Nach manchen Versuchen gab ich beiden Bahnen die Neigung von 14 Graden gegen den Horizont, oder wählte denjenigen Neigungswinkel, dessen Tangente gleich 0,25 ist. Die Ebenen zu beiden Seiten der kleinen Wand, auf denen die Schatten der letzten sich bildeten, waren dagegen unter den Winkeln von 11 $^1/_4$ Graden (tang = 0,20) gegen den Horizont geneigt. Bei mehrfachen Aenderungen des Apparats hatte ich mich nämlich überzeugt, dafs die Schatten sich am sichersten vergleichen liefsen, wenn diese Ebenen noch von den dahinter stehnden Lichten schwach beschienen wurden.

Indem ich nun die linksseitige Lichtgruppe auf einen bestimmten Abstand von der Wand einstellte, die rechtsseitige aber, die eben so wie jene von einem kleinen Schlitten getragen wurde, einen willkürlichen Stand einnahm und ich von oben die beiden unmittelbar sich berührenden Schatten betrachtete, so schienen dieselben wegen ihrer verschiednen Intensität Ebenen zu bilden, die wie zwei Dachflächen gegen einander geneigt waren. Wenn ich alsdann den linksseitigen Schlitten nach Bedürfnifs entweder entfernte oder näherte, so schienen jene Neigungen immer geringer zu werden, und plötzlich, bei gleicher Dunkelheit, fielen sie in eine Ebene zusammen. Zur Controle wurde die Beobachtung unterbrochen, und wenn ich nach einigen Secunden wieder hinsah, liefs sich oft erkennen, dafs der eine Schatten doch etwas dunkler als der andre sei, also der Schlitten noch verstellt werden mufste. Nachdem ich einige Uebung in diesen Messungen gewonnen hatte, ergab sich, dafs bei wiederholtem Einstellen die Abstände von der Wand nicht leicht gröfsere Differenzen als von 2 Procent zeigten.

Viel schwieriger war es, übereinstimmende Flammen darzustellen, die nicht nur gleiche Stärke haben, sondern auch dauernd in gleicher Höhe brennen. Kleine Lampen erwiesen sich nicht brauchbar, auch die Einschliefsung von Kerzen in Blechröhren, die wie in Wagenlaternen die Kerzen mittelst Federn hoben, erfüllten nicht den Zweck. Ich mufste mich entschliefsen, gewöhnliche Kerzen von gleichem Durchmesser und mit gleichmäfsig ge-

Digitized by Google

flochtenen Dochten versehn, unmittelbar auf jene Schlitten zu stellen. Dabei war es aber nothwendig, etwa nach 10 Minuten die Beobachtungen immer zu unterbrechen, um die Dochte in bestimmter Höhe abzuschneiden, und die Kerzen soweit zu heben, als sie inzwischen herabgebrannt waren.

Ich benutzte den beschriebenen Apparat zunächst zur Prüfung des allgemein angenommenen Gesetzes, dafs nämlich die Lichtstärke umgekehrt dem Quadrat der Entfernung proportional sei. Dieses geschah einfach dadurch, dafs ich auf die linke Seite zwei oder auch drei Lichte neben einander, auf die rechte Seite aber nur eins stellte. Vielfache verschiedentlich abgeänderte Versuche bestätigten vollständig dieses Gesetz. Die Abweichungen lagen bei genauer Untersuchung durchaus innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler.

Was nun die Schwächung des Lichts beim Durchgang durch eine gleiche Flamme betrifft, so war diese jedesmal sehr bedeutend, durchschnittlich stellte sie sich auf den dritten Theil. Die Resultate waren aber sehr verschieden, da die Flammen bei ihrer Veränderlichkeit bald mehr, bald weniger sich deckten. Nimmt man darauf Rücksicht, dafs die Fehler immer in der Art fallen, dafs sie die Schwächung zu geringe erscheinen lassen, so darf man nach diesen Messungen wohl annehmen, dafs das Licht beim Durchgang durch eine gleiche Flamme die Hälfte seiner Stärke oder 50 Procent verliert.

Hieraus ergiebt sich, dafs diese Art der Verwerthung der landwärts gerichteten Strahlen keinen namhaften Erfolg verspricht, und dafs es in vielen Fällen zweckmäfsiger sein möchte, sie durch parabolische, oder anders geformte Spiegel so zurückzuwerfen, dafs sie die Flamme nicht berühren. Wie bereits erwähnt, hat man die sphärischen Spiegel hinter dem Swinemünder Feuer beseitigt, um die Flamme der Lampe im Haff sichtbar zu machen. Bevor dieses geschah, mufste man sich indessen davon überzeugen, dafs das Licht auf der Seeseite hierbei nicht merklich geschwächt wird. Zu diesem Zweck wurde in solcher Entfernung, dafs das Licht nur so eben sichtbar blieb, dasselbe beobachtet, während von Viertel- zu Viertelstunde die beiden Spiegel abwechselnd beseitigt und wieder vorgestellt wurden. Diese Aenderungen hatten aber

Digitized by Google

keinen Erfolg, eine Verstärkung oder Schwächung des Lichts liefs sich nicht bemerken.

Bei dem Zurückwerfen einer grofsen Masse der Strahlen in die Flamme tritt aber noch ein wesentlicher Uebelstand ein. Es werden nämlich nicht nur die Licht-, sondern auch die Wärme-Strahlen concentrirt, und das Oel fängt bald an zu sieden. Als man den erwähnten kleinen Apparat in Cuxhaven zum erstenmal anzündete, entwickelte sich eine übermäfsige Flamme, wobei der Cylinder sprang und der dioptrische Apparat in augenscheinliche Gefahr kam. Er blieb nur übrig, den Spiegel mit dunkelm Papier zu überziehn, in welchem Zustand ich das Feuer einige Jahre später noch gesehn habe. Auch Stevenson erwähnt, dafs man die durch sphärische Spiegel veranlafste Erhitzung des Dochts durch kräftige Pumpen verhindern müsse, die reichlich frisches Oel zuführen.

Nachdem vorstehend die verschiednen Einrichtungen beschrieben sind, durch welche man, vorzugsweise mittelst der dioptrischen Apparate, das Licht dauernd erhalten, oder in sanften oder scharfen Uebergängen es abwechselnd in beliebigen Perioden erscheinen und verschwinden lassen kann, sowie auch beliebige Gruppirungen zu bilden sind, und selbst zu weitern Aenderungen auch verschiedne Farben benutzt werden können, so bleibt noch übrig, die verschiednen Anordnungen zu bezeichnen, die man gewählt hat, um Verwechslung der Leuchtthürme zu verhindern. Die Benennungen dafür lassen sich indessen zur Zeit noch nicht sicher angeben, da man demselben Feuer bald diesen und bald jenen Namen giebt. In der vom Reichskanzleramt herausgegebnen Beschreibung der Leuchtfeuer an der Deutschen Küste*) werden dieselben zwar unterschieden durch die Benennungen: feste Feuer, feste Feuer mit Blinken, Blinkfeuer, Funkelfeuer und Drehfeuer, aus den nähern Mittheilungen über die Veränderung des Lichts läfst sich aber nicht entnehmen, welche charakteristischen Unserschiede dieser Classificirung zu Grunde liegen. Augenscheinlich sind diese Unterschiede zuweilen so unbedeutend, dafs sie sich kaum als solche rechtfertigen, und gewifs ist die Benennung Drehfeuer nicht

*) Die Schiffahrtszeichen an der deutschen Küste. Berlin 1878.

Digitized by Google

passend, da jedes Feuer entweder ein festes, also ein durchaus constantes, oder mit irgend einer Vorrichtung zum Drehn versehn ist.

Der Civilingenieur Veit-Meyer, der die Leuchtapparate für alle in neurer Zeit in Preufsen, und zum Theil auch die auf der sonstigen Deutschen Küste an der Ost- und Nordsee errichteten Feuer geliefert und aufgestellt hat, gebraucht die nachstehnden Benennungen, die jedoch keineswegs allgemein angenommen sind.

Das feste Feuer (feu fixe) bleibt dauernd in gleicher Stärke sichtbar. Wenn es nicht den ganzen Horizont beleuchten soll, so pflegt das Licht des dunkeln Winkels durch besondre Prismentafeln oder auch durch Metallspiegel zur Verstärkung des seeseitigen Lichts noch benutzt zu werden.

Das feste Feuer, von helleren Scheinen unterbrochen (feu fixe varié par des éclats) verstärkt und schwächt sich in Perioden von 2 bis zu 4 Minuten. Vor und nach diesen Blicken erfolgt aber eine verhältnifsmäfsig kurze Verdunkelung.

Das intermittirende Feuer (feu à éclipses) verschwindet plötzlich, nachdem es einige Zeit hindurch in gleicher Stärke gestanden hat. Meist ist die Lichtdauer ebenso lang, wie die Dunkelheit, nämlich jede umfafst eine Minute. Das Licht tritt aber eben so plötzlich wieder auf, als es verschwunden war.

Beim reinen Blinkfeuer (feu scintillant) ist der Uebergang nicht scharf, sondern erfolgt nach und nach, auch verstärkt sich der Schein, bis er die höchste Intensität annimmt, diese vermindert sich aber sogleich wieder. Die Lichtpause ist bei ihnen immer länger, als die Dauer des Blicks. Die ganze Periode, die Licht und Dunkelheit umfafst, wird verschieden gewählt, nämlich 60 oder nur 30, 20, 15 und selbst 10 Secunden, die Dauer des Lichts beträgt meist den dritten Theil der Periode, im letzten Fall also 4 Secunden.

Zuweilen läfst man bei diesem Feuer nach den Blicken das Licht nicht vollständig verschwinden, indem der obere oder untere Theil des Apparats an der Drehung nicht Theil nimmt, es ist alsdann ein Blinkfeuer mit schwachem festem Feuer (feu alternativement fixe et scintillant). Dieses dauernde Feuer ist aber in weiterer Entfernung nicht zu bemerken.

Das Funkelfeuer (feu clignotant) verschwindet nicht

Digitized by Google

ganz. In sehr kurzen Zwischenräumen verstärkt es sich aber und schwächt sich wieder ab. Meist geschieht dieses in der Periode von 4 Secunden. Diese Feuer sind bisher nur bei Apparaten IV. Ordnung, also für mäfsige Sichtbarkeit benutzt.

Im Gruppen-Blinkfeuer sind die Blicke so gruppirt, dafs mehrere derselben (etwa drei) sich sehr rasch folgen, während der erste und der letzte schwächer, als der mittlere ist, alsdann aber eine längre Pause eintritt.

Bei farbigen Feuern mufs man, wenn sie in weiter Entfernung kenntlich sein sollen, sich auf rothes Licht beschränken, auch darf man dieses nur in Verbindung mit weifsem zeigen. Die Färbung erhalten sie durch rothe Laternenscheiben oder noch einfacher, durch rothe Lampencylinder.

Das Blitzfeuer unterscheidet sich von dem Gruppen-Blinkfeuer theils durch seine kürzere Dauer und raschere Folge, theils aber auch dadurch, dafs die Blicke sämmtlich gleiche Intensität haben. Der Blick steht nur eine Secunde und zwei Secunden später zeigt sich ein zweiter Blick. Charakteristisch ist dabei die Anzahl der Blicke, die man kurz hinter einander sieht, worauf längere Pausen folgen.

Bisher war von den Leuchtapparaten nur in soweit die Rede, als sie zur Orientirung des aus der offnen See ankommenden Schiffers dienen oder als sie Küstenfeuer sind, vielfach haben die Feuer aber auch den Zweck, enge Fahrwasser, wie etwa Hafenmündungen, auch wohl Klippen und Sandbänke zu bezeichnen. Da sie in diesen Fällen nicht weit sichtbar zu sein brauchen, so wendet man dabei vielfach farbiges Licht an, vorzugsweise rothes, zuweilen aber auch grünes.

Im Allgemeinen ist ihre Anordnung sehr einfach, doch veranlassen besondre locale Verhältnisse mitunter eigenthümliche Einrichtungen.

Auf Oronsay, einer der Shetlands-Inseln, befindet sich ein ziemlich geschützter natürlicher Hafen, welcher zwei Eingänge in entgegengesetzten Richtungen hat, die aber beide nur schmal und von gefährlichen Klippen umgeben sind. Um die Schiffahrt zu sichern, erbaute Stevenson hier einen Leuchtthurm, der über den ganzen Hafen als festes Feuer gleichmäfsiges Licht verbreitet. Die rückwärts austretenden Strahlen werden aber zuerst gleichfalls

Digitized by Google

in den Horizont geworfen, und alsdann durch zwei Tafeln vertical stehender Prismen in zwei Bündel vereinigt, welche nach beiden Zugängen zum Hafen gerichtet sind. Die Breiten dieser Bündel sind so bemessen, dafs der Schiffer von den Klippen frei bleibt, so lange er das Licht sehn kann, dafs aber das Verschwinden desselben das Ausweichen aus dem sichern Fahrwasser bemerklich macht.

Wichtiger ist noch das Feuer, welches Stevenson 1852 bei Stornoway auf der zu den Hebriden gehörigen Insel Lewis errichtete. Südwestlich von der Stadt befindet sich eine Bucht, die einen geschützten Ankerplatz bildet und vielfach als solcher benutzt wird. Der Zugang zu demselben wird indessen durch eine Reihe Klippen gefährdet, die weit vortreten. Der auf Arnish-Point errichtete Leuchtthurm bezeichnet zwar ungefähr die Einfahrt, doch war es dringend geboten, den einlaufenden Schiffen die Lage der am weitesten vortretenden Klippe auch bei Nacht sicher kenntlich zu machen, auf der als Tagemarke bereits eine Baake errichtet war. Um nun den Bau eines Leuchtthurms auf dieser Klippe zu umgehn, stellte er in einem Fenster des Leuchtthurms noch einen Apparat auf, der das gesammte Licht einer besondern Lampe auf die 530 Fufs entfernte Baake auf jener Klippe warf. Diese versah man aber mit einem Planspiegel und einer Tafel senkrecht stehender Prismen, welche die vom Spiegel aufgefangnen und reflectirten Strahlen seeseitig über einen Quadrant des Horizonts verbreiteten. Die über den Effect dieses Feuers befragten Schiffer äufserten sich sehr günstig und meinten, es erscheine nicht anders, als ob es ein selbstständiges Feuer sei.

Ein wesentlicher Uebelstand trat jedoch dabei zuweilen ein, nämlich der Spiegel oder die Prismen beschlugen, oder es setzte sich Feuchtigkeit daran an. Um sie zu reinigen, mufste ruhige Witterung abgewartet werden. Der Versuch, aus der kleinen Laterne, worin sich der Spiegel und die Prismen befanden, künstlich alle Feuchtigkeit zu entfernen und sie alsdann luftdicht zu schliefsen, erwies sich als unausführbar, da bei dem Wechsel der Temperatur der Zutritt der äufsern Luft doch nicht verhindert werden konnte.

Stevenson schlägt auch vor, Klippen oder andre Untiefen dadurch kenntlich zu machen, dafs man von einem in der Nähe

Digitized by Google

befindlichen hohen Thurm aus starkes Licht und vorzugsweise rothes darauf fallen läfst. Ob ein solcher Versuch bereits angestellt worden, ist unbekannt.

Die Beleuchtung eines schmalen Fahrwassers durch ein Strahlenbündel, das an keiner Stelle die seitwärts liegenden Untiefen berührt, ist gewifs schon von wesentlichem Nutzen, dabei tritt jedoch der Uebelstand ein, dafs, wenn der Schiffer beim Durchsegeln solcher Rinne aus ihr sich entfernt, und das Licht plötzlich verschwindet, er oft nicht weifs, in welcher Richtung er wieder einlenken soll. Um in dieser Beziehung jeden Zweifel zu beseitigen, hat man in neuster Zeit das erwähnte Blitzfeuer benutzt, welches beim Austritt aus dem Fahrwasser an einer Seite zwei und an der andern sechs Blitze zeigt. Diese werden dadurch dargestellt, dafs die beiden seitwärts befindlichen Prismentafeln nicht continuirlich um den innern Apparat sich drehn, vielmehr nur hin und her sich bewegen. Indem sie mit einander verbunden sind, so treten die Blitze abwechselnd an einer und der andern Seite ein.

§ 95.

Nebel-Signale.

Indem die Leuchtthürme und die sonstigen bisher beschriebenen Marken, welche die Küste oder den Hafen bezeichnen sollen, während des Nebels, wie auch bei starkem Schneefall selbst in geringer Entfernung nicht mehr sichtbar sind, so hatte man schon früher an vorhandne Leuchtthürme Glocken gehängt, die bei undurchsichtiger Luft ununterbrochen oder in kurzen Zwischenzeiten geläutet wurden. Die Leuchtbaake auf dem westlichen Molenkopf des Hafens von Calais ist mit einer Glocke in dem Brennpunkt eines gufseisernen Paraboloïds versehn, dessen Achse derjenigen Richtung zugekehrt ist, in welcher die Mehrzahl der Schiffe ansegeln (§ 47). Dafs man aber die Lage der Buoyen in und neben den Fahrwassern in verschiedner Weise durch den Schall kenntlich zu machen bemüht gewesen, ist bereits § 90 erwähnt worden.

Diese frühern Versuche haben sich indessen in neuster Zeit

Digitized by Google

als ungenügend erwiesen, indem bei der grofsen Ausdehnung der Schiffahrt und namentlich derjenigen mit Dampfbetrieb, vorzugsweise aber bei dem Streben, die Fahrzeit auf das möglichst geringste Maafs zu beschränken, der Nebel und die undurchsichtige Luft kaum noch Veranlassung giebt, die Fahrt etwas zu mäfsigen, und noch weniger zu unterbrechen, so dafs selbst das Loth nicht vollständig benutzt wird. Nur den Angaben des Bestecks folgend, worin Meeresströmungen und Abtrift gar nicht oder nur sehr unsicher berücksichtigt sind, wird die Reise rastlos fortgesetzt. Viele Strandungen und grofse Verluste an Menschenleben und Gütern sind die Folge dieser Eile. Indem nun die Schiffsführer, wenn sie ihre Stelle nicht verlieren wollen, sich selbst und die ihnen anvertrauten Personen nebst Schiff und Ladung solchen Gefahren aussetzen müssen, so hat man mehrfach, und zwar vorzugsweise in Nordamerika, versucht, durch weithin klingende Schallsignale nicht nur die Annäherung an bestimmte Punkte, sondern auch die Richtung, in der diese liegen, bemerklich zu machen.

Obwohl die bisher erreichten Erfolge bei den vielfach sich widersprechenden Urtheilen keineswegs als sicher und ganz zufrieden stellend angesehn werden können, so sind sie dennoch unter gewissen Umständen unbedingt als günstig anzusehn. Die Signale werden zuweilen in weiter Entfernung gehört, und aufserdem lassen sie auch die Richtung, aus der sie erschallen, nach manchen Berichten so scharf erkennen, dafs eben so sicher, wie nach Hafenfeuern der Cours nach ihnen gewählt werden kann. Ihrer allgemeinen Einführung dürfte sonach nur das Bedenken entgegenstehn, dafs die vermeintliche Sicherheit durch sie noch vergröfsert wird und diese Zuversicht zu neuen Unglücksfällen führen mufs, wenn der Schiffsführer in der Erwartung, das Signal zu hören, in voller Fahrt einen gefährlichen Weg einschlägt, während das Toben der See oder das Geräusch der Maschinen ihn das Zeichen nicht hören läfst, dieses auch vielleicht wegen mancher noch unerklärten atmosphärischen Wirkungen von ihm nicht gehört werden kann.

Nach den an den Stationen für Nebel-Signale angestellten Beobachtungen hat man dieselben zuweilen bis auf drei Deutsche Meilen weit gehört, während sie andrerseits, namentlich wenn

Digitized by Google

starke Winde entgegenstanden, selbst auf eine halbe Meile nicht hörbar waren. Das Auffallendste war aber, dafs, wenn man sich von dem Signal entfernte oder ihm sich näherte, keineswegs die entsprechende Zunahme des Schalls eintrat, derselbe vielmehr an einzelnen Stellen ganz verschwand, später aber wieder sich einstellte. Die bis vor wenig Jahren hierüber gesammelten Erfahrungen hat der Civilingenieur Veit-Meyer, als er ein Nebel-Signal zu Bülk bei Friedrichsort in Schleswig einrichtete, sorgfältig gesammelt, auch die dabei benutzten Apparate beschrieben*).

Vielfach hat man die Stationen für Schallsignale mit Leuchtthürmen verbunden, doch erschwert sich alsdann die Einrichtung derselben oft wesentlich dadurch, dafs es daselbst an dem nöthigen Wasser zum Betrieb der Dampfmaschinen fehlt. Die calorischen Maschinen sind alsdann freilich noch zu benutzen, doch hat man diese bisher meist nur in mäfsiger Stärke von wenigen Pferdekräften dargestellt.

Die Glocke, die man früher als Nebel-Signal benutzte, ist gegenwärtig vollständig ausgeschieden, da sie nur auf sehr geringe Abstände hörbar ist. Auch die Kanone oder die Haubitze, welche man zuweilen in mäfsigen Zeitintervallen abfeuerte, wird kaum noch gebraucht, da bei der langen Dauer der Nebel, in England oft 24 Stunden hindurch und in Amerika nicht selten mehrere Tage lang, eine Anzahl von Geschützen vorräthig sein müfste, auch die Mannschaft verschiedne Abwechslungen fordern würde. Erwähnung verdient indessen die eigenthümliche Erscheinung, dafs zuweilen, wenn andre Feuer vollständig verschwanden, der Blitz beim Abfeuern der Kanone noch sichtbar war, und oft in weiterer Entfernung, als der Knall gehört werden konnte. Man hat hieraus Veranlassung genommen, noch andre Blitz- und Knall-Signale namentlich durch Schiefsbaumwolle darzustellen, doch haben dieselben bisher noch keine allgemeine Anwendung gefunden.

Die Apparate, die gegenwärtig vorzugsweise für Nebel-Signale benutzt werden, sind:

1. Das Horn oder die Trompete, zuerst von Daboll eingeführt. Es ist 6 bis 9 Fufs lang, wird vertical aufgestellt,

*) Zeitschrift für Bauwesen. 1876. Jahrgang XXVI. Seite 355.

Digitized by Google

mit der Vorrichtung versehn, dafs man es drehn kann. Oben ist es in einem Quadrant gekrümmt, so dafs die weite Schallöffnung horizontal gerichtet ist. In seiner Mündung befindet sich wie bei Clarinetten eine vibrirende Stahlzunge, die indessen oft abbricht, woher wenigstens ein zweiter Apparat zur Reserve vorhanden sein mufs. Das Anblasen geschieht mittelst kalter atmosphärischer Luft, der Versuch, hierzu unmittelbar den Dampf zu benutzen, scheint nicht von Erfolg gewesen zu sein.

2. Die Dampfpfeife in der bei Locomotiven üblichen Einrichtung, Dieselbe ist in Amerika vorzugsweise in Gebrauch, indem man ihr einen Durchmesser von 12 Zoll und noch darüber gegeben hat. Bei den Versuchen in England wurde sie als unwirksam verworfen, doch scheint es, dafs man nicht die nöthige Sorgfalt darauf verwendete, die passendsten Dimensionen in Betreff der Weite und Höhe der Glocke durch Versuche zu ermitteln. Sie hat vor der Trompete den wesentlichen Vorzug, dafs sie keiner Maschine bedarf, vielmehr der Dampfkessel neben ihr schon genügt, um den erforderlichen Dampf zu liefern. Will man indessen, wie sehr vortheilhaft erscheint, sie nicht ununterbrochen, sondern in gewissen Intervallen wirken lassen, so kann eine Maschine, die zeitweise den Dampf absperrt, nicht entbehrt werden.

3. Die Sirene, ähnlich dem kleinen Apparat, wodurch man die Anzahl der Schwingungen der verschiednen Töne mifst. In ihrer Form und Gröfse ist sie der Trompete ähnlich, doch hat sie statt der oben erwähnten Zunge zwei mit Einschnitten versehne flache Metallscheiben neben einander, von denen die eine fest steht, die andre dagegen mit grofser Geschwindigkeit sich umdreht, so dafs der Luftstrom 300 bis 500 mal in der Secunde unterbrochen wird. Zum Anblasen dient entweder verdichtete atmospärische Luft oder auch unmittelbar der Dampf.

Nach den in England gemachten Versuchen stellte sich dieser Apparat als der zweckmäfsigste heraus, derselbe ist auch für Bülk und später für Arcona gewählt.

An der letzten Station sind im Sommer 1879 noch verschiedne Versuche angestellt, die sich vorzugsweise auf die Vergleichung der Effecte der Sirene mit denen von Knallsignalen bezogen. In der dort befindlichen Sirene, die auf dem hohen Ufer neben dem Leuchtthurm aufgestellt ist, tritt der Luftstrom

Digitized by Google

in eine $1^1/_2$ Zoll weite Röhre, die sich aufwärts erweitert. An der Stelle, wo ihr Durchmesser $2^1/_2$ Zoll mifst, ist sie durchschnitten, und in den Schlitz greift die mit 30 Einschnitten versehne Scheibe, die sich um ihre aufserhalb befindliche Achse 900 Mal in der Minute dreht. Der Luftstrom wird also 450 mal in der Secunde unterbrochen. Weiter aufwärts krümmt sich die Röhre und endigt, ähnlich der Trompete, in eine horizontal gerichtete und stark erweiterte Schallöffnung.

Bei den auf einem Dampfboot angestellten Beobachtungen konnte man, obwohl die See stark bewegt, die Dampfmaschine des Schiffs jedoch angehalten war, die Sirene noch in der Entfernung von 4 Seemeilen hören, indessen war die Stärke des Tons nach der Richtung, in welcher das Schiff lag, sehr verschieden. Am deutlichsten war sie zu hören, wenn die Schallöffnung dem Schiff zugekehrt war, bei ganz entgegengesetzter Richtung war sie sogar im Abstand von 2 Seemeilen kaum vernehmbar. Auch die Richtung des Windes hatte wesentlichen Einfluſs, und der Schall war am schwächsten, wenn das Schiff sich auf der Windseite befand. Ueberdies wurde noch bemerkt, daſs in der Entfernung von 4 Seemeilen sogar das Signal gar nicht mehr gehört werden konnte, wenn die Uferecke bei Varnkewitz die directe Schalllinie unterbrach.

Die Knallsignale haben unbedingt vor der Trompete und der Sirene den groſsen Vorzug, daſs sie, abgesehn von der Schwächung durch die Richtung des Windes, rings umher den Schall gleichmäſsig verbreiten, also die von verschiednen Seiten ankommenden Schiffe denselben vernehmen können. Aufserdem erfordern sie auch keine besondern Einrichtungen, noch auch lange Uebung, wie etwa in der Wartung von Dampfmaschinen der Fall ist, man hat sie daher bereits vielfach auf Leuchtschiffen angewendet.

Bei den Versuchen auf Arcona wurde nur Schieſsbaumwolle gewählt, die aus zwei Fabriken bezogen, in verschiednen Quantitäten, theils in Patronen verpackt und theils zur Füllung von Raketen bestimmt war. Letztere standen in Betreff des Effects den erstern nach, auch war ihre Behandlung etwas schwieriger. Patronen von 50 Gramm zeigten einen auffallend schwächern Effect, als die von 100, bei weitrer Vergröſserung

Digitized by Google

des Gewichts verstärkte der Schall sich aber nicht bemerkbar. Indem abwechselnd die Sirene in Gang gesetzt und diese Patronen von 100 Gramm entzündet wurden, überzeugte man sich aus verschiednen Entfernungen, dafs die Patrone mindestens ein eben so deutliches Signal gab, wie die Sirene, dafs aber die Anwendung von salpeterhaltiger Schiefswolle, die etwas wohlfeiler ist, die Wirkung nicht abschwächt.

Die Entzündung dieser Patrone erfolgte durch Bickfords Patent-Zündfaden (Theil II, § 53), der in solcher Länge zugeschnitten wurde, dafs der Mann, der ihn anzündete, sehr bequem etwa 15 Schritt sich entfernen konnte. Die Patrone war aber an einem Draht aufgehängt, wobei sie keine weitern Zerstörungen veranlafste, als dafs sie den Draht verbog. Dabei gab sich aber zu erkennen, dafs die Explosion bedeutend weiter hörbar war, wenn sie auf dem Strand, also vor dem Ufer erfolgte, als wenn man sie auf diesem eintreten liefs.

Nach diesen Beobachtungen empfahl die Commission, für die neu einzurichtende Station Darsserort diese würfelförmigen Patronen im Gewicht von 100 Gramm und aus salpeterhaltiger Schiefsbaumwolle bestehend. Um aber Verwechslung mit Nothschüssen zu verhindern, die etwa von verunglückten Schiffen gemacht würden, sollten von 10 zu 10 Minuten immer je zwei Explosionen veranlafst werden, von denen die zweite nach etwa 6 Secunden der ersten folgt.

Ende
des vierten und letzten Bandes.

Digitized by Google

Inhalts-Nachweisung

der

vier Bände des dritten Theils vom Handbuch der Wasserbaukunst.

Die Römischen Zahlen bezeichnen den Band, die Arabischen die Seitenzahl.

Aberdeen III. 384
Abhalter IV. 337.
Abtrift II. 254.
Admiralitäts-Pier III. 359.
Aequatorial-Strom I. 217.
Aequinoctial-Fluthen I. 132.
Alderney III. 389.
Algier II. 42. IV. 40.
Anker II. 262.
Ankern der Schiffe II. 305.
Ankergrund III. 483.
Ankerketten, Festigkeit derselben IV. 93.
Anlegestellen der Schiffe II. 214.
Arcona, Uferdeckung II. 49.
Ardrossan III. 380.
Aufeisen der Häfen II. 289. IV. 309.
Aufhalter I. 374.
Auflanger II. 241.
Auflockern des Grundes III. 23.
Aufschleppen oder Tränken IV. 344, 358.
Aufschlickung I. 194.
Aufzüge durch Wasserdruck IV. 363.
Aufsendeiche I. 281.
Aufsentonne IV. 423.

Baaken II. 232. IV. 418.
Bagger IV. 135.
— Ballastbagger IV. 151.
— Dampfbagger IV. 225.
— mit geneigter Kette IV. 180.
— mit senkrechter Kette IV. 175.
— Handbagger IV. 219.
— Hopperbagger IV. 259.
Bagger, Löffelbagger IV. 148.
— Kreiselbagger IV. 245.
— Pferdebagger IV. 207.
— pneumatische Bagger IV. 255.
— Pumpenbagger IV. 244.
— Radbagger IV. 169.
— Sackbagger IV. 148.
— Schottischer IV. 201.
— von Schwahn IV. 219.
— Taucherbagger IV. 154.
— im Fucino-See IV. 278.
— im Plauer-Canal IV. 274.
— in Toulon IV. 165.
— in Venedig IV. 168.
Bagger, Förderungs-Höhe derselben IV. 204.
Baggerleiter oder Schlitten IV. 183, 191, 214, 230.
— Lage derselben IV. 199.
— Heben derselben IV. 231.
Baggern in Kreideboden IV. 194.
— in Rinnen IV. 144.
— in Quer-Richtung IV. 146, 289.
Bagger-Prahme IV. 217, 260.
— geschlofsne IV. 261.
— mit Klappen IV. 268.
— Entleeren derselben IV. 265, 273.
Bagger-Rinnen IV. 205, 237.
Balken-Siele I. 380.
Ballast-Verkehr II. 219. IV. 346.
Bark II. 251.
Barre II. 402.
Bassin der halben Fluth IV. 304.
Baumsegel II. 249.
Beachy-Head II. 78.
Begrippung I. 297.

Digitized by Google

Beidrehn II. 261.
Berghölzer II. 242.
Besahn-Mast II. 247.
Besteck II. 227.
Béton IV. 49, 71.
— Bereitung desselben IV. 53, 63.
— Blöcke IV. 39, 47, 52.
— — in Hafendämmen IV. 44.
— — Versenken derselben IV. 64.
Bifilar-Waage II. 182.
Binnenseen I. 266. II. 377, 404. III. 4.
Blinkfeuer IV. 490.
Bliesen IV. 459.
Blitzfeuer IV. 499.
Blyth III. 347.
Bohrwurm I. 241.
Bollen II. 233. IV. 422.
Bootshäfen IV. 345.
le Bouc II. 451.
Boulogne III. 100, 342.
Bramstenge II. 247.
Brandung I. 21, 93.
Brassen II. 261.
Bridport III. 306.
Brigg II. 251.
Brustmauern II. 424. III. 423.
Bugspriet II. 247.
Buoyen II. 235. IV. 340, 418.
— Erleuchtung derselben IV. 428.
— tönende von Courtenay IV. 427.

Caisson-Pfähle II. 24.
Calais III. 86, 345.
Canäle, für Seeschiffe IV. 97.
Canal, nach Amsterdam IV. 105.
— Caledonischer IV. 102.
— Nordholländischer IV. 103.
— Panama IV. 115.
— Schleswig-Holsteinischer IV. 99.
— von Suez IV. 106.
Caseburger Durchstich II. 404.
Catwijk I. 390.
Cette III. 391.
Cherbourg, Handelshafen II. 313.
— Kriegshafen II. 353.
— der Wellenbrecher II. 316.
— die Kegel III. 269.
Ciotat II. 294. III. 426.
Colza-Oel IV. 462.
Clyde I. 184.
Compafs-Berichtigung II. 283.
Creosot III. 293.
Currachee III. 363.
Cuxhaven, Einbaue II. 71.
— Uferdeckung II. 35.

Deiche I. 302.
Deichbrüche I. 344.
Deck II. 245.
Deckbalken II. 242.
Deckplatten auf Kais IV. 330.
Dieppe II. 74, 299.
Dioptrische Apparate IV. 485.
Dock oder Flotthafen II. 212.
Dock oder Trockendock IV. 39
Docks, Balance-Dock IV. 408.
— hydraulische IV. 411.
— schwimmende IV. 401.
— Sectional-Dock IV. 401.
Dockschleusen IV. 305.
— Absteifen der Thore IV. 306.
Dollard I. 271. II. 68.
Donau-Mündung II. 444.
Dove-Ebbe III. 15.
Dover III. 109.
— Einbaue daselbst II. 75.
— der Hafendamm II. 425. III. 359.
Dragger II. 264.
Drehfeuer IV. 484.
Drehpfosten III. 67.
Drops IV. 369.
Dublin III. 377.
Duc d'Alben IV. 338.
Dünen II. 123.
— Bau II. 146.
— Cultur II. 171.
— wandernde II. 132.
Dünkirchen III. 82.
Dünung I. 100.
Durchströmung der Häfen III. 1.

Eimer, Baggereimer IV. 178, 193, 211, 235.
Eimerkette, geneigte IV. 180, 192, 210, 234.
— senkrechte IV. 177.
— Geschwindigkeit derselben IV. 198.
Einbaue vor Deichen II. 57.
— auf dem Strande II. 72.
— aus Holz II. 73, 91.
— aus Steinen II. 80.
— aus Strauch II. 97.
Eindeichungen I. 273.
Eisenbahnen für Seeschiffe IV. 130.
Eisschiffe IV. 310.
Elbinger Hafen III. 301.
Eller, Else II. 145.
Erie-Hafen III. 294.
Eselshanpt II. 247.

Digitized by Google

Falster, Einbaue II. 84.
Fangzäune auf Dünen II. 154.
Feuersteine auf dem Strande I. 247.
Fischerhäfen II. 226. III. 336.
Fiume III. 399.
Flegel II. 256.
Flotthäfen, siehe Docks.
Fluth und Ebbe im Ocean I. 129.
— — in der Ostsee I. 164.
— — in Strommündungen I. 181.
— — Strömungen I. 182.
— — Tabellen I. 153.
Fluthen, anomale I. 151.
Fluthhäfen II. 212. III. 297.
Fluthwechsel I. 131.
Fluthwellen, Form derselben I. 146.
— Fortschreiten derselben I. 144, 155, 177.
Fockmast II. 247.
Folkestone III. 106.
Frictionsscheiben IV. 198, 228.
Frioul II. 224.
Funkelfeuer IV. 498.

Gaffel II. 249.
Galleas II. 251.
Gallion II. 248.
Gas, auf Leuchtthürmen IV. 466.
Geest I. 286.
Getreide, Verladen desselben II. 217.
Glaslinsen und Prismen IV. 486.
Glocken-Buoye II. 235. IV. 426.
Golfstrom I. 218.
Gordungen II. 396. III. 348.
Granitgeschiebe, am Strande I. 250.
Grundschraube IV. 340.
Greifswalder Oie III. 336.
Grippen I. 296.
Groden I. 270.
Grundwellen I. 20.

Häfen, Erfordernisse derselben II. 269.
— Bezeichnung derselben II. 226.
— offene IV. 309.
Hafen-Anstalten IV. 343.
Hafen, der innere IV. 293.
Hafendämme II. 423.
— Ausführung derselben III. 249.
— Böschungen derselben II. 424.
— durchbrochne II. 440. IV. 94.
— Profile derselben III. 251.
— aus Béton III. 399.
— aus Bétonblöcken III. 359.
— aus Steinschüttung III. 253, 410.
— Köpfe derselben III. 328, 371.
Hafenfeuer II. 229. IV. 455, 472.
Hafenkette II. 275.
Hafen-Mündung II. 269.
— Durchströmung derselben II. 401.
— künstlich vertieft II 418.
— Richtung derselben II. 383.
— Weite derselben II. 395.
Hafenwände aus Bétonblöcken IV. 326.
— halbmassiv IV. 318.
— aus Holz IV. 316.
— aus Faschinen IV. 312.
— massiv IV. 320.
— Verankerung derselben IV. 321.
Hafenbau II. 276.
Hafenzeit I. 132.
Haffe I. 224.
Haken, im Haff I. 258.
Halsen II. 261.
Handelshäfen II. 212.
Handspaken II. 266.
Havre, Einbaue II. 73.
Hebung der Küsten I. 200.
Hellinge II. 284. IV. 377.
— versenkte IV. 386.
Helm II. 140.
Hiddens-Oie II. 114.
Hochwasser I. 131.
— Dauer desselben I. 145.
Höfter II. 57.
Holophotal-Licht IV. 493.
Holyhead III. 470.
Holz, Verladen desselben II. 218.
Holzhäfen II. 217. IV. 344.

Indische Schaufel IV. 162.
Inhölzer II. 241.
Insel-Reihen I. 268.
St. Jves III. 379.
Jachten II. 252.
Jackson, Port II. 215.
Jade-Busen I. 271.
— Verlandung desselben I. 301.
Jersey III. 370.

Kabel II. 264.
Kadedeich I. 320.
Kai II. 214.
Kalfatern II. 243.
Kalk von Theil IV. 50.
Kameele IV. 104, 410.
Kappstürzungen I. 343.
Katoptrische Apparate IV. 477.
Kiel II. 240.
Kielbänke II. 284. IV. 388.

Digitized by Google

Kielholen IV. 387.
Kielprahme IV. 389.
Kielwasser II. 254.
Kilrush III. 358.
Kimmblöcke IV. 408.
Kimmkiele II. 255.
Kingston-upon-Hull III. 305.
Kingstown II. 292, 417. III. 125.
Klärungs-Bassins II. 415.
Klampen II. 259.
Klüfock II. 259.
Klüverbaum II. 248.
Klüsgate II. 264.
Kniestücke II. 241.
Kochhäuser II. 220. IV. 346.
Köpfe der Wellen I. 96.
Kohlen, Verladen derselben IV. 365.
Kolsem II. 240.
Krängen der Schiffe IV. 387.
Krahne II. 216. IV. 363.
Kratzen, an den Baggern IV. 193, 217.
Kreuzklampen II. 259.
Kreuzstengen II. 247.
Kriegshäfen II. 220, 353.
Küstenfeuer II. 229. IV. 430, 472.
— Entfernung desselben IV. 472.
Küstenströmung III. 16.
— durch die Häfen III. 120.
— in der Ostsee I. 225.
Küstenvermessung II. 363.
Kuff II. 251.

Ladebrücken IV. 319.
Lampen auf Leuchtthürmen IV. 459.
Landebrücken II. 207.
— schwimmende IV. 361.
Landmarken II. 229. IV. 415.
Lang-Lütjen-Sand II. 40.
Laviren II. 253.
Leba-Fluss II. 210.
Leesegel II. 249.
Leith III. 346.
Leuchtbaaken IV. 455.
Leuchtfeuer IV. 458.
— doppeltes IV. 471.
— elektrisches IV. 473.
— Intensität desselben IV. 467.
Leuchtschiffe IV. 456.
Leuchtthürme II. 229. IV. 430.
— Abstand derselben IV. 472.
— auf Bellrock IV. 448.
— auf Cordouan IV. 442.
— auf Eddystone IV. 444.
— in Pillau IV. 435.
— bei Sein IV. 450.
Leuchtthürme auf Skerryvore IV. 449.
— in Sunderland IV. 437.
— Construction derselben IV. 433.
— eiserne IV. 452.
— Höhe derselben IV. 430.
— auf Klippen IV. 443.
— Versetzen derselben IV. 437.
— Bedienung derselben IV. 461.
Licht, farbiges IV. 469.
Lichtstrahlen, Divergenz derselben IV. 475, 480.
Lieger II. 241.
Local-Untersuchungen II. 363.
Log II. 228.
Lootsen-Stationen IV. 348.
Loth I. 226.
St. Louis-Canal II. 456.
Lowestoft II. 281.
Luntleinen IV. 9, 19.
Luntpfähle IV. 9.

Maifeld I. 288.
Marine-Dynamometer I. 120.
Mars II. 246.
Marsdiep I. 283.
Marschen I. 269, 286.
— Sinken derselben I. 291.
Marseille II. 386. IV. 72.
Mascaret I. 197.
Mast II. 246.
Mastenrichter IV. 411.
Mauern, als Hafendämme III. 349.
— auf Steinschüttung III. 382.
Meer, allgem. Erscheinungen I 1.
Meeres-Strömungen I. 215.
Meeres-Tiefen I. 226.
Meeresufer, Abbruch derselben I. 4, 244.
— aus Kreide I. 245.
— sandige I. 251.
Mineral-Oel siehe Petroleum.
Mississippi-Mündung II. 457.
Modder-Mühle IV. 221.
Molen, siehe Hafendämme.
Moordeiche I. 284.
Moordijk III. 298.
Mündungen der Bäche und Ströme I. 261.
Muscheln in Steinfugen I. 241.

Nebelsignale IV. 501.
— auf Buoyen IV. 425, 427.
— die Dampfpfeife IV. 504.
— die Glocke III. 97. IV. 501.
— das Horn IV. 503.
— die Kanone IV. 503.

Digitized by Google

Nebelsignale, Knallsignale IV. 505.
— die Sirene IV. 504.
— die Trompete IV. 503.
Nehrungen I. 253.
Neufahrwasser II. 407.
Niedrigwasser I. 131.
Nieuwe-Diep III. 16.
Norderney, Einbaue II. 82.
— Uferdeckung II. 39.

Oamaru III. 266.
Ostende III. 15.
Ostsee, Fluth und Ebbe I. 164.
— Ausdehnung des Wassers durch Wärme I. 209.
— Wasserstände I. 198.

Pallen II. 265.
Pesaro II. 414.
Pegel, selbstregistrirende I. 158.
Petroleum IV. 370.
— Häfen II. 218. IV. 372.
— — provisorische IV. 376.
— Magazine IV. 375.
— auf Leuchtthürmen IV. 463.
Petten I. 334. II. 98.
— Einbaue II. 107.
— Holzwände II. 46, 109.
Pfahlreihen, als Einbaue II. 90.
Pfahlwände II. 299. III. 293.
— vor Faschinen III. 297.
— vor Steinschüttungen III. 304.
Pfahlroste unter Hafendämmen III. 350.
Pflanzen auf Dünen II. 140.
— auf Watten I. 299.
Piekstücke II. 241.
Pillau, Hafen III. 139.
Pink II. 251.
Plymouth, Wellenbrecher II. 337. III. 427.
Poller II 245.
Pontonthor IV. 394.
Portland III. 386.
Pumpsiele I. 369.
Putting II. 246.

Quarantaine-Häfen II. 223.
Quellen, in den Ufern II. 8.

Raaen, Raasegel II. 248.
Ramsgate II. 390.
Rank II. 239.
Reefe II. 250.
Reibhölzer II. 283. IV. 328, 343.
Relinge II. 248.
Rettungs-Apparate IV. 357.
— Böte IV. 352.
— Raketen IV. 356.
Rhede II. 209, 303.
Rhein, Mündung desselben I. 390.
Rheinland, Entwässerung I. 392.
Rhone-Mündung II. 451.
Richtbaaken II. 232.
Richtwerke, bewegliche III. 77.
Riem II. 257.
Riffe I. 22, 110. II. 128. III. 412.
Rollen der Schiffe I. 18.
Roller I. 20.
Romansegel II. 250.
Rückdeiche I. 354.
Rügenwalder-Münde II. 495. III. 311.
Rüstungen in der See III. 361, 452.
Ruden II. 85.
Ruder II. 257.
Rusten II. 246.

Saïd, Port Saïd II. 408. IV. 112.
Salzgehalt des Seewassers I. 232.
Samarang III. 383.
Sand, Bewegung desselben I. 5, 106. II. 11, 123.
— vor dichten Wänden II. 128, 197.
— vor durchbrochnen Wänden II. 150, 199.
Sandwehen I. 268. II. 179, 409.
Santorin-Erde III. 400.
Sargasso-Meer I. 222.
Schandeck II. 245.
Schiffe, Festigkeit derselben IV. 132.
Schiffsbau-Anstalten IV. 377.
Schiffshalter IV. 331, 342.
Schiffsringe II. 53. IV. 323, 336.
Schlafdeiche I. 343.
Schlagschwellen der Siele I. 372.
— der Spülthore III. 65.
Schlengen II. 57.
Schlick der Jade I. 240.
Schlickbank II. 276.
Schlickfänge I. 296.
Schlickgehalt, Messen desselben I. 234.
Schlitten beim Schiffsbau IV. 381.
Schooner II. 251.
Schoten II. 248.
Schotte II. 245. IV. 261.
Schrecken der Taue IV. 240.
Schüttsteine, Grösse derselben III. 424.

Digitized by Google

Schüttsteine, Gewinnung derselben III. 433, 434.
— Transport auf Eisenbahnen III. 445.
— — auf Schiffen III. 458.
Schwert II. 255.
Seedeiche I. 275.
— Ausführung derselben I. 313.
— Dossirungen derselben I. 306, 325.
— Fahrwege auf denselben I. 305.
— Grasnarbe auf denselben I. 340.
— deren Kronen I. 302.
— Material derselben I. 309.
— Sicherung derselben I. 321.
— Wahl der Linie I. 319.
Seegatt II. 402. III. 141.
Seehäfen, verschiedene Zwecke derselben II. 207.
— Lage gegen die Küste III. 105.
Seeschiff II. 238.
Seewasser, specifisches Gewicht desselben I. 231.
Seine, untere Strecke II. 443.
Segel II. 248.
— unter Segel gehn II. 267.
Segeln, bei, vor und am Winde II. 252.
Segelschiff II. 245.
Senkfaschinen III. 167.
Senkstücke II. 54. IV. 3.
— Ablaufen derselben IV. 23.
— Packen derselben IV. 9, 19.
— Rüstungen derselben IV. 11.
— Ueberdeckung derselben IV. 34.
— Versenken derselben IV. 26.
— am Mississippi IV. 37.
Senkstücke vor Hellingen IV. 380.
Sicherheits-Häfen II. 224. IV. 297.
Sichter I. 370.
Sideral-Licht IV. 480.
Siele I. 355.
— Höhe der Schwelle I. 362.
— lichte Höhe und Weite I. 363.
— hölzerne I. 376.
— massive I. 387.
— Verschluss derselben I. 366.
— Wahl der Lage I. 356.
Sielthore I. 370.
— Schlagen derselben I. 368.
Sieltiefe I. 359.
Slip IV. 396.
Sog I. 22, 97.
Somme, Fluthprofil I. 186.
Spanten II. 240.
Spiegel, am Schiff II. 240.
— Reverbeure IV. 479.
Spill II. 266.
Sporen, an Hafendämmen III. 474.
Sprengungen IV. 280.
— Auflockern des Grundes IV. 143.
— bei Hellgate IV. 284.
— bei San Francisco IV. 281.
Spriet II. 249.
Springfluthen I. 132.
Spülung II. 412. III. 33.
— der Anlegestellen III. 50.
Spülbassins III. 51.
— zugleich Docks III. 57.
— Verflachung derselben III. 55.
Spülschleusen III. 60.
Spülthore III. 62.
— einflüglige III. 75.
— Stellung derselben III. 71.
Spundwände, geneigte IV. 325.
Spur II. 246.
Stacke II. 57.
Ständersiele I. 376.
Stag II. 246.
Stagfock II. 259.
Stagsegel II. 249.
Stampfen der Schiffe I. 18.
Stapelklötze IV. 377, 390.
Stapellauf IV. 384.
Steif II. 239.
Steinböschungen II. 21, 51.
Steinkisten III. 275.
Steinkörbe III. 460.
Steinschüttungen, gepflastert III. 419.
— Beschädigungen derselben III. 382, 414.
— Grösse der Steine III. 315.
— zwischen Pfahlwänden III. 308.
Stenge II. 247.
Steuder IV. 421.
Steuer, siehe Ruder.
Steven II. 240.
Stolpmünde II. 481. III. 329.
Stoppen II. 273. IV. 331.
Stove II. 243.
Strand I. 22, 252. III. 411.
— Neigung desselben I. 104.
Streichwerke, siehe Richtwerke.
Strich II. 253.
Strömung, ausgehende III. 8.
— bei Fluth und Ebbe I. 130. II. 373.
— bei Gibraltar I. 216.
— Bezeichnung derselben IV. 420.
Stroh-Bestickung II. 18.
Strom-Mündungen II. 411.
Sturmfluthen I. 145.
Sturmsignale IV. 420.
Sturzseen I. 18.
Suez, Hafen IV. 112.
Sulina-Mündung II. 144.

Digitized by Google

Sunderland II. 80.
Swinemünde II. 471.
-- Hafenmündung II. 384, 395.
— alte Molen III. 429.
— Molenkopf III. 330.

Thalsperren II. 416.
Tiefe, vor Haffen I. 255.
Tiefen, Bezeichnung derselben IV. 419.
— Messungen I. 226. II. 367. IV. 145.
Todte oder taube Fluthen I. 132.
Tonnen II. 233. IV. 422.
Treppen in Häfen III. 347, 362. IV. 358.
Triebsand II. 127.
Triest III. 402.
Trocken-Docks II. 286. IV. 390.
Turas oder Kettentrommel IV. 181, 213.

Ueberbrückung der Hafendämme III. 338.
Ueberscheeren der Schiffe IV. 128.
Ufer, abbrechende I. 245, 394. II. 3.
— anwachsende II. 114.
— Deckung derselben II. 13.
— — concave II. 38.
— — Höhe derselben II. 28.
— — in Holz II. 34, 109.
— — in Steinen II. 21, 38, 51.
— — in Strauch II. 17.
— — in Ziegeln II. 29.
Umsetzen des Fluthstroms I. 132, 192.
Untergrund, Ausweichen desselben III. 406.
— Compression desselben III. 383, 409.

Velsen, Hafen III. 366.
Vendres, port III. 395.
Verflachungen I. 104. II. 397. III. 3.
Verlandung, Beförderung derselben I. 295. II. 43.
Vollschiff II. 251.
Voorne, Canal III. 299.
Vordüne II. 146.
— Bildung derselben II. 154.
— Bepflanzung II. 159.
— Unterhaltung II. 163.
Vorhafen IV. 295.
Vorsiel I. 375.
Vorstenge II. 247.

Waker IV. 421.
Wangeroog II 5.
— der Strand I. 5.
Wanten II. 246.
Warpanker II. 265.
Wasserleitungen in Häfen II. 219. IV. 79.
Wasserschöpfen in der Tiefe I. 233.
Wasserstände verglichen mit Luftdruck I. 214.
Watte I. 270.
— Anwachsen derselben I. 286.
— Befahren derselben I. 287.
Wegerung II. 244.
Wehden IV. 421.
Wellen I. 3.
— Erregung derselben I. 16.
— Höhe derselben I. 19, 48, 97, 101. II. 291.
— Richtung derselben I. 22.
— vorbeilaufende II. 297.
— vor flachen Ufern I. 89.
— vor steilen Ufern I. 112, 126.
— in strömendem Wasser I. 100.
— bei unendlicher Tiefe I. 25.
— bei grosser Tiefe I. 80.
— bei geringer Tiefe I. 51.
— beobachtet im Meer I. 46.
— beobachtet in Rinnen I. 45, 70.
— Rücklauf derselben I. 13.
Wellenbrecher II. 310.
— schwimmende II. 294. IV. 80.
Wellenmaschine I. 9.
Wellenrinnen I. 45, 52.
Wellenschirme II. 302.
Wellenschlag, Mäfsigung desselben I. 100. II. 289.
Wellensysteme I. 11.
Weser, Fluthprofil derselben I. 187.
Westcappelsche Deiche I. 337.
— Einbaue II 67.
Whitehaven III. 357.
Wierdeiche I. 330.
Wilhelmshaven II. 421.
Willemstadt III. 299.
Winddruck II. 279. IV. 439.
Windrose II. 253.
Winkbaake II. 232. IV. 419.

Zeitball IV. 349.
Ziegelböschungen II. 29. IV. 320.
Zuiderzee III. 17.
Zwischendeiche I. 348.

Digitized by Google

Druck von Oskar Bonde in Altenburg.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.

Digitized by Google

3 2044 079 964 052

Digitized by Google